

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

**Ověřování jakosti materiálů pro výrobu hlavních
částí zbraně**

**Material Quality Control for Production of the
Main Parts of Small Arms**

Student:

Procházka Marek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Stanislav Procházka, CSc.

Ostrava, 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Marek Procházka**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo
Téma: **Ověřování jakosti materiálů pro výrobu hlavních částí zbraně**
Material Quality Control for Production of the Main Parts of Small Arms

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Popište obecně procesy ověřování jakosti materiálů pro výrobu hlavních částí malorážových zbraní. Uved'te standardní výstupy z procesů ověřování jakosti, doložte na příkladech.
2. Uved'te jejich následné zpracování v procesu výroby. Důraz přitom položte na hlaveň, závěr a pouzdro zbraně.
3. U hlavně se zaměřte na výrobu rotačním kováním zastudena, za výchozí polotovaru, jehož jakost se ověřuje, uvažujte tepelně zpracovaný tyčový polotovar.
4. U závěrů a pouzder se zaměřte na výkovky přejímané podle přejímacích podmínek.
5. Uved'te, jaké nástroje a strojový park jsou potřebné pro následné zpracování a jaké hlavní operace se přitom provádí.

Seznam doporučené odborné literatury:

- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace*. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- HLADEK, Š. *Analýza technologického postupu výroby hlavní dlouhých zbraní*. [Bakalářská práce]. Ostrava: VŠB-TU, FS, 2010

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Stanislav Procházka, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

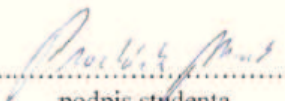


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Mistopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

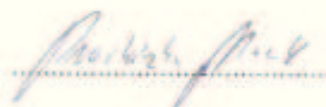
V Ostravě 21.5.2018


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2018



Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Marek Procházka

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Suchá Láz 348 687 53

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PROCHÁZKA, M. *Ověřování jakosti materiálů pro výrobu hlavních částí zbraně*: bakalářská práce Ostrava : VŠB – technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 61 str., Vedoucí práce: Procházka, S.

Bakalářská práce se zabývá průběhem ověřování jakosti materiálů, které slouží pro výrobu hlavních částí zbraně ve společnosti Česká zbrojovka a.s. Teoretická část je věnována shrnutí základních pojmů mechanických vlastností a popisu jednotlivých zkoušek potřebných pro jejich potvrzení. Praktická část se zabývá zpracováním výsledků z jednotlivých zkoušení s uvedením předepsaných hodnot. Poslední část je věnována možnostem následného zpracování a povrchových úprav, které se běžně provádí na hlavních dílech tohoto tradičního výrobce.

Klíčová slova: ověřování, mechanické vlastnosti, hlavní části zbraně

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PROCHÁZKA, M. *Material Quality Control for Production of the Main Parts of Small Arms*: Bachelor Thesis : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machines and construction, 2018, 61 p., Thesis head: Procházka, S.

The bachelor thesis deals with the quality assurance process of the materials used for the production of the main parts of the firearms in Česká zbrojovka a.s. The theoretical part is devoted to summarizing of the basic concepts of mechanical properties and description of the necessary tests for their confirmation. The practical part already deals with the processing of the results of the individual tests, indicating the prescribed values. The last part focuses on the possibilities of further treatment and surface treatment usually performed on the main components of firearms of this traditional manufacturer.

Keywords: authentication, mechanical properties, main parts of small arms

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ MATERIÁLU.....	11
2.1	MECHANICKÉ VLASTNOSTI.....	11
2.2	STATICKE ZKOUŠKY	11
2.2.1	Zkouška tahem	12
2.2.1.1	Definice mechanických vlastností:	12
2.2.1.2	Výpočty mechanických vlastností:	13
2.3	DYNAMICKÉ (RÁZOVÉ) ZKOUŠKY	16
2.3.1	Rázová zkouška v ohybu metodou Charpy	17
2.3.1.1	Zkušební vzorek.....	17
2.3.1.2	Popis zkoušení	18
2.3.1.3	Vyjádření výsledků	19
2.4	ZKOUŠKY TVRDOSTI.....	20
2.4.1	Metoda Brinell	21
2.4.2	Metoda Vickers	23
2.4.3	Metoda Rockwell	24
3	CHEMICKÉ ZKOUŠENÍ MATERIÁLU	25
3.1	OPTICKÝ SPEKTROMETR.....	25
3.2	RENTGENOVÝ SPEKTROMETR.....	27
4	METALOGRAFICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLU	29
4.1	KONTROLA MIKROSTRUKTURY	29
4.2	KONTROLA MIKROČISTOTY	30
5	HLAVNÍ DÍLY ZBRANĚ	31
5.1	HLAVENĚ	31
5.2	ZÁVĚR.....	31
5.3	POUZDRO ZÁVĚRU	32
5.4	RÁM	32
6	MATERIÁLY PRO VÝROBU HLAVNÍCH DÍLŮ ZBRANĚ JEJICH KONTROLA.....	33
6.1	HLAVENĚ	33
6.1.1	Rozsah vstupních zkoušek hlavnového materiálu.....	33
6.1.2	Mechanické zkoušky hlavnových materiálů	33
6.1.3	Zkoušky chemického složení hlavnových materiálů	35
6.1.4	Kontrola mikrostruktury.....	37
6.1.5	Kontrola mikročistoty	37
6.2	TĚLO ZÁVĚRU.....	38
6.2.1	Použité materiály.....	38
6.2.2	Zkoušky chemického složení ocelí na výrobu těla závěrů.....	39
6.3	POUZDRO ZÁVĚRU	41
6.3.1	Zkoušky chemického složení ocelí na výrobu pouzder závěrů.....	42
6.4	RÁM	44
6.4.1	Zkoušky chemického složení ocelí na výrobu ráků	45

7	ZPRACOVÁNÍ HLAVNÍCH DÍLŮ	48
7.1	HLAVEŇ VÝROBA	48
7.2	VÝROBA HLAVNÍCH DÍLŮ	50
7.3	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ	51
7.4	POVRCHOVÉ ÚPRAVY	53
8	ZÁVĚR.....	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM TABULEK.....	61

Poděkování:

Rád bych vyjádřil poděkování doc. Ing. Stanislavu Procházkovi, CSc za jeho cenné rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat České zbrojovce, která mi poskytla potřebné informace pro její zpracování.

1 ÚVOD

Při používání palné zbraně dochází k extrémnímu namáhání jednotlivých dílů, proto jsou na výrobu využívány stále častěji kvalitní legované materiály, které zaručují dlouhodobou životnost a splňují stále rostoucí nároky uživatelů. Materiály se zpracovávají v moderních hutích za přísného dohledu a náročného zkoušení, na základě něhož je vystaven atest dané tavby, který slouží jako průvodní dokument při prodeji. Nicméně z důvodu možných fatálních následků uvolnění nekvalitního materiálu do výroby, což by mohlo vést až k závažnému zranění finálního uživatele (zákazníka), jsou tyto materiály prověřovány i při vstupních zkouškách v laboratořích výrobce zbraní, zda jsou skutečně dodrženy jejich mechanické a chemické vlastnosti, jenž jsou stanoveny příslušnými normami nebo smluvními přejímacími podmínkami. Samozřejmostí je kontrola mech. vlastností po finálním tepelném zpracování u hotových dílů a následné uvolnění ke konečné montáži do zbraně.

Kvalitu materiálů si výrobci zbraní pro své výrobky ověřují již od středověku, kdy pomocí jednoduchých, praktických a technologických zkoušek zjišťovali schopnost zpracování kovů nebo jeho vhodnost pro určitý účel. Tyto zkoušky mají svůj význam i v dnešní době a nelze je tedy podceňovat. Ale teprve vybudování nauky o pružnosti a pevnosti a její technické aplikace si vynutily provádění takových zkoušek, které dávají číselné výsledky, použitelné pro inženýrské výpočty. Jednou z nejrozšířenějších je obecná zkouška tahem, kterou prováděl již Leonardo da Vinci (1452-1519). Soustavné zkoušení konstrukčních materiálů, ale započalo až od poloviny devatenáctého století. Počátkem dvacátého dále přibýly další technicky použitelné zkoušky na měření tvrdosti materiálu a následně i vrubové zkoušky rázové, jako první zkoušky houževnatosti. A to jsou tři nejobvyklejší způsoby zkoušení k určení mechanických vlastností kovů i v dnešní době. Spolu s ověřením chemických vlastností tvoří seskupení mnohých přejímacích zkoušek [1].

Ve své práci bych se rád zaměřil na přejímací kontrolu hutních materiálů a jeho následné zpracování v České zbrojovce Uherský Brod.

2 MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ MATERIÁLU

Rozumí se tím zkoušení mechanických vlastností kovů, které umožňují jejich mechanické namáhání jak při zpracování, tak i při použití finálního výrobku. Mechanické vlastnosti zahrnují pružnost, pevnost, tvrdost, tvárnost a houževnatost a jedná se tedy o všechny vlastnosti, které popisují chování materiálu, jako odezvu na jeho silové a deformační zatížení.

2.1 Mechanické vlastnosti

Pružnost – materiál je považován za pružný, pokud se působením mechanických sil deformuje a po jejich ukončení se vrátí zpět do původního tvaru a rozměru. Materiál, který tak neučiní, se označuje jako nepružný (plastický) [1].

Pevnost – je definována jako nejvyšší napětí, potřebné k rozdělení kovu na dvě části. Podle způsobu jakým se toto dělení provádí, rozlišujeme pevnost v tahu, tlaku, ohybu, střihu a krutu. Nejúčelnější a nejčastěji využívané ke kontrole kovů je zkoušení tahem[1].

Tvrdost – je nejčastěji definována jako mechanická vlastnost vyjadřující odpor materiálu proti vnikání cizího tělesa (většinou indentoru měřícího zařízení)[1].

Tvárnost – (plasticita) je typickou vlastností většiny kovů a jejich slitin. Jedná se o schopnost měnit tvar působením vnější síly při plastické deformaci bez porušení celistvosti materiálu. Tvárnost souvisí s vnitřní stavbou materiálu, chemickým složením, tvářecím procesem a teplotou[1].

Houževnatost – je vlastnost, která je kombinací pevnosti a plastičnosti. Představuje mechanickou energii spotřebovanou na plastickou deformaci materiálu. Každá plastická deformace nebo porušení, kterému předchází plastická deformace, vyžaduje nějakou mechanickou práci. Velikost této práce je měřítkem houževnatosti, z čehož vyplývá, že houževnatost je tím větší, čím větší práce se spotřebuje na jeho plastickou deformaci[2].

2.2 Statické zkoušky

Všechny zkušební metody začleněné do této skupiny mají jeden společný znak, kterým je klidné stoupající zatížení zkušebních tyčí během zkoušky. V převážné většině případů při těchto zkouškách zatěžujeme zkoušený předmět pouze jedenkrát. Zatížení zvyšujeme plynule až do okamžiku, kdy nastane porušení, nebo jiné změny zkušební tyče.

Statické zkoušky rozdělujeme na zkoušky:

- tahem,
- tlakem,
- ohybem,
- kroucením,
- stříhem.

Ze statických zkoušek pro zkoušení ocelí a ostatních kovů je nejdůležitější zkouška tahem, která se využívá i pro přejímací kontrolu v CZUB.

2.2.1 Zkouška tahem

Zkouška spočívá v deformaci zkušebního tělesa jednoosým tahovým zatížením. Pro svoji jednoduchost a účelnost byla původně předurčená na to, aby se stala nejrozšířenější a v nedávné době i nejuznávanější zkušební metodou na hodnocení mechanických vlastností materiálů. Tahové namáhání vzniká v případě, kdy dvě stejně velké síly opačného směru působí na zkušební tyče nebo součásti strojů v jejich ose. Pro výpočet tohoto namáhání musíme znát velikost osově síly a velikost průřezu. Samotný princip zkoušky je v roztržení zkušební tyče s cílem zjistit napětíové a deformační charakteristiky zkoušeného materiálu. Při zatěžování vzorku se snímá zatěžující síla F (N), prodloužení vzorku ΔL (m,mm) a případně příčné zúžení. Z jedné zkušební tyče lze určit čtyři normované základní mechanické vlastnosti a to:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| ▪ Mez pevnosti v tahu | R_m [MPa] |
| ▪ Mez kluzu v tahu | R_e [MPa] nebo $R_{p0,2}$ [MPa] |
| ▪ Tažnost | A [%] |
| ▪ Kontrakce (zúžení) | Z [%] |

Samotný způsob zkoušky je normalizován, pro naši potřebu postupujeme dle normy ČSN EN ISO 6892-1 (Zkoušení tahem – zkušební metoda za pokojové teploty)[6].

2.2.1.1 Definice mechanických vlastností:

Mez pevnosti v tahu – je smluvní napětí, odpovídající největšímu zatížení $F_{\max} = F_m$, které předchází porušení tyče.

Mez kluzu v tahu - je nejmenší napětí, které způsobí rozvoj výrazných, trvalých plastických deformací. V praxi se z něj určuje u ocelí dovolené napětí v tahu.

- a) Charakterizuje přechod mezi elastickou a elasticko – plastickou oblastí zatěžovací křivky.
- b) V tahovém diagramu $F - \Delta L$ ($F - \varepsilon$) se projevují formou
- Výraznou R_e
 - Nevýraznou $R_{p0,2}$ [13]

Tažnost – je poměrná podélná trvalá deformace vyjádřená v %. Charakterizuje tvárnost materiálu.

Kontrakce – je největší změna průřezové plochy, ke které došlo během zkoušky ($S_0 - S_u$), vyjádřená v procentech počáteční průřezové plochy S_0 [6].

2.2.1.2 Výpočty mechanických vlastností:

Mez pevnosti v tahu $R_m = \frac{F_m}{S_0} \quad [MPa] \quad [6]$

F_m – maximální zatížení

S_0 – počáteční průřezová plocha zkoušené délky

Mez kluzu v tahu $R_e = \frac{F_e}{S_0} \quad [MPa] \quad [6]$

F_e – zatížení při dosažení meze kluzu

S_0 – počáteční průřezová plocha zkoušené délky

Tažnost $A = \frac{L_u - L_0}{L_0} * 100 \quad [\%] \quad [6]$

L_0 – počáteční měřená délka

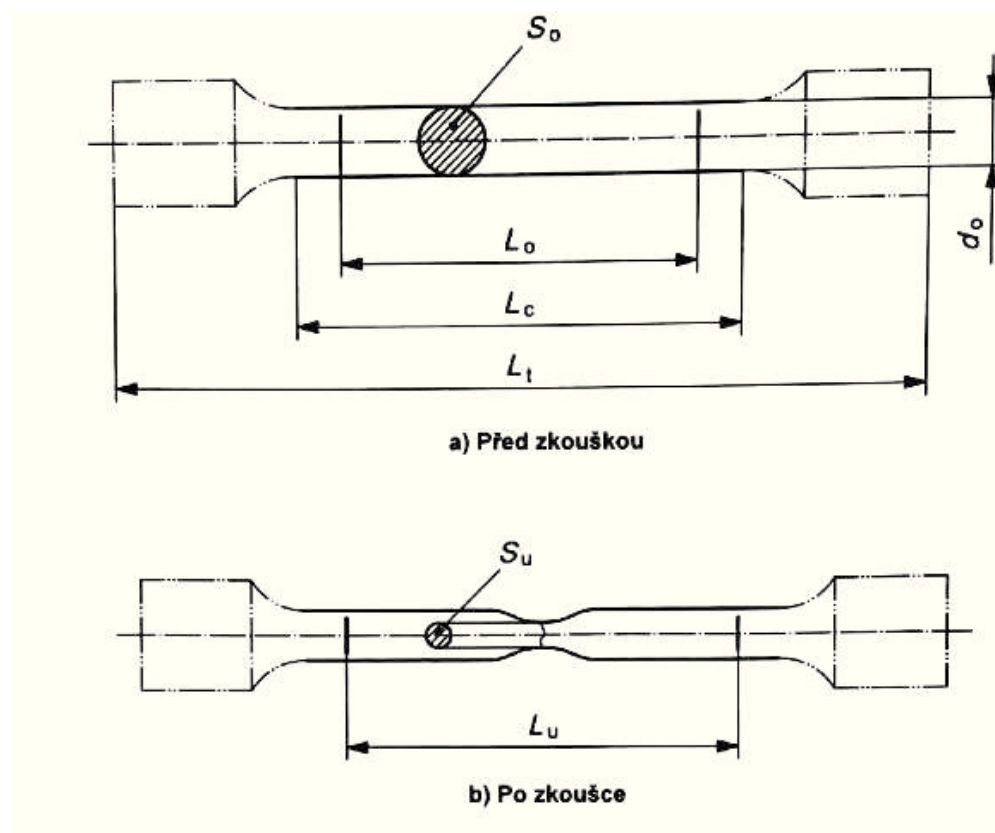
L_u – konečná měřená délka po lomu

Prodloužení po lomu $L_u - L_0$, se musí stanovit pomocí měřidla s dostatečnou rozlišovací schopností na nejbližších 0,25 mm nebo lépe.

Kontrakce $Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} * 100 \quad [\%] \quad [6]$

S_0 – počáteční průřezová plocha zkoušené délky

S_u – minimální průřezová plocha po lomu doporučuje se měřit s přesností $\pm 2 \%$



Obr. 2.1 Obrobená válcová zkušební tělesa [6]

Legenda

d_0 počáteční průměr zkoušené délky zkušebního tělesa kruhového průřezu

L_c zkoušená délka

L_0 počáteční měřená délka

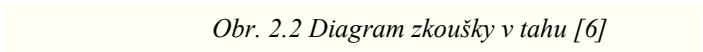
L_t celková délka zkušebního tělesa

L_u konečná délka měřená po lomu

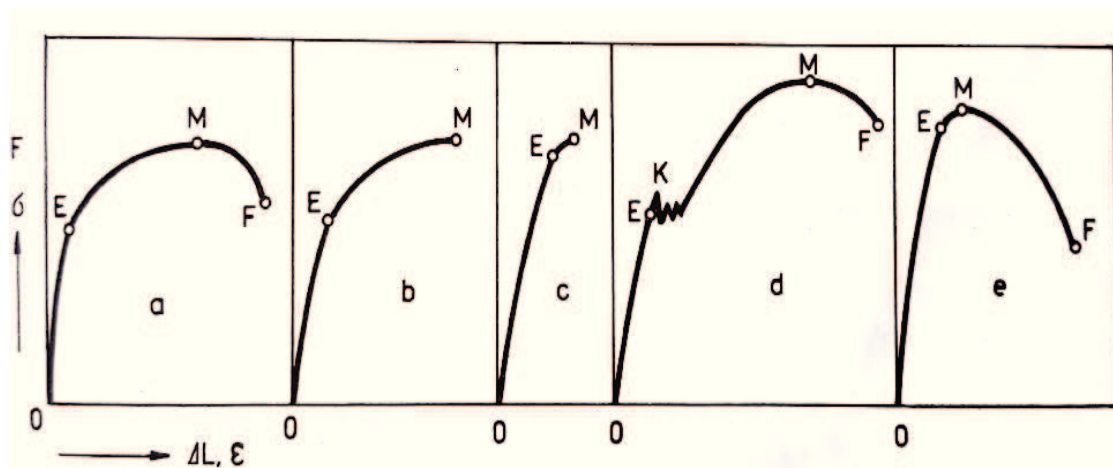
S_0 počáteční průřezová plocha zkoušené délky

S_u minimální průřezová plocha po lomu

Diagram, který zaznamenává zkušební (trhací) stroj, charakterizuje průběh odporu zkoušeného materiálu proti deformacím a porušení. Nazývá se tahovým nebo zátěžovým diagramem.



A	tažnost v procentech
A_g	plastické prodloužení v procentech měřené průtahoměrem při maximálním zatížení
A_{gt}	celkové prodloužení v procentech měřené průtahoměrem při maximálním zatížení
A_t	celková tažnost v procentech
e	prodloužení v procentech měřené průtahoměrem
m_E	směrnice pružné části závislosti napětí-prodloužení v procentech měřené průtahoměrem
R	napětí
R_m	mez pevnosti v tahu
Δe	rozsah plata [6]



Obr. 2.3 Přehled základních typů diagramů [2]

Podle individuality kovu, jeho předchozího zpracování a teploty při zkoušce mohou mít diagramy různý tvar. Teoreticky možno rozlišovat tyto základní případy [2]:

- a) všeobecný tvar diagramu s obvyklým poměrem jednotlivých oblastí, bez výrazné meze kluzu.
- b) diagram materiálu, který se v důsledku intenzivního deformačního zpevňování roztrhne v maximální síle bez vytvoření krčku.
- c) diagram křehkého materiálu, který se před roztržením jen nepatrně deformuje.
- d) diagram materiálu s výraznou mezí kluzu.
- e) diagram materiálu, který v oblasti plastické stability má malou schopnost deformačně se zpevňovat.

2.3 Dynamické (rázové) zkoušky

Tyto zkoušky tvoří druhou skupinu mechanických zkoušek. Vedle výše zmiňovaných zkoušek statických, využíváme pro zkoušení a přejímání ocelí a ostatních kovů i zkoušky dynamické. Zatímco u zkoušek statických je charakteristické klidné, silové namáhání zkušebních tyčí, při dynamických zkouškách zkoušíme vliv rázového namáhání na odolnost zkoušeného materiálu. Vzdornost ocelí, jakož i polotovarů a výrobků z neželezných kovů proti rázovému namáhání, můžeme stanovit následujícími způsoby:

- Zkouškami vypracovanými ze zkoušených předmětů, na kterých můžeme provést rázové namáhání tahem, tlakem, ohybem a kroucením. Rázové zatížení působí jen jedenkrát. Rázovou zkouškou zjistíme houževnatost zkoušeného materiálu.

- Můžeme zkoušet také hotové výrobky jedním nebo více rázy, a to za podmínek více méně podobným tomu jak budou ve skutečnosti namáhány za provozu (např. rázové zkoušky kolejnic, řetězů apod.)
- Rázovou zkoušku můžeme také provést jako zkoušku dlouhodobou pro stanovení hodnoty trvalé pevnosti (hodnoty meze únavy oceli při rázovém namáhání).

Ze všech dynamických zkoušek je nejvýznamnější a nejrozšířenější **Zkouška rázem v ohybu metodou Charpy**.

2.3.1 Rázová zkouška v ohybu metodou Charpy

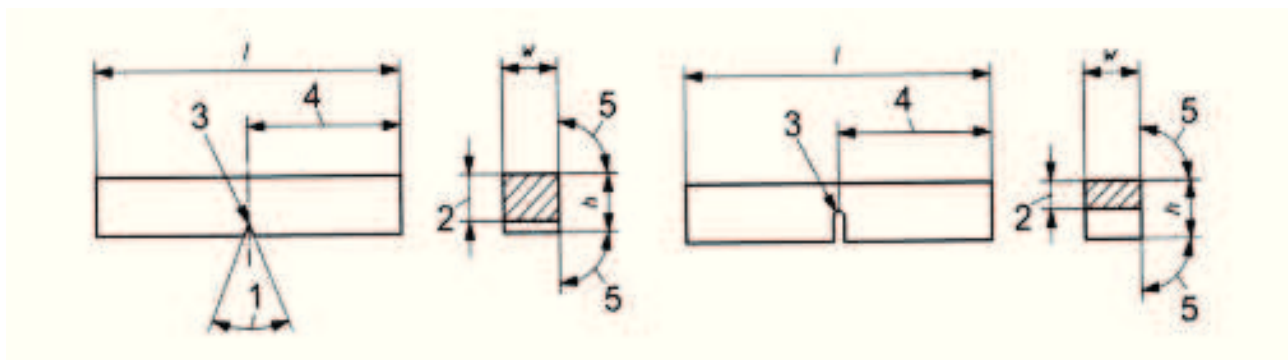
Kromě statických zkoušek tahem a zkoušek tvrdosti provádíme při přejímání oceli i rázovou zkoušku vrubovou. Touto zkouškou určíme houževnatost zkoušeného materiálu při velmi nepříznivém namáhání t.j. namáhání rázové. Tato zkouška se provádí na tepelně zpracovaných ocelích např. po zušlechtní. Pro zjištění některých nepříznivých vlastností zkoušeného materiálu, jako je například popouštěcí křehkost oceli, nám pouze tahová zkouška neprozradí snížení houževnatosti a v takových to případech je tedy rázová zkouška nenahraditelná. Zkouška se provádí dle normy ČSN EN ISO 148-1. Samotné zkoušení spočívá v přeražení zkušební tyče s vrubem jedním rázem kyvadlového kladiva za podmínek přesně definovaných ve výše uvedené normě. Zkušební stroj se nazývá Charpyho kladivo (kyvadlo se zúženou funkční hranou – břitem). Hodnoty se při rázu u mnoha kovových materiálů mění v závislosti na teplotě, pro běžné užití se provádí zkoušky za teploty okolí (pokojové). Lomové plochy po rázové zkoušce lze využít i pro makrohodnocení charakteru lomu nebo pro odhalení některých vad např. zhrubnutí austenitického zrna. Vrubová houževnatost KC se vyjadřuje jako podíl spotřebované práce K a plochy výchozího příčného průřezu zkušební tyče S_0 pod vrubem.

$$KC = \frac{K}{S_0} \quad [J/cm^2] \quad [7]$$

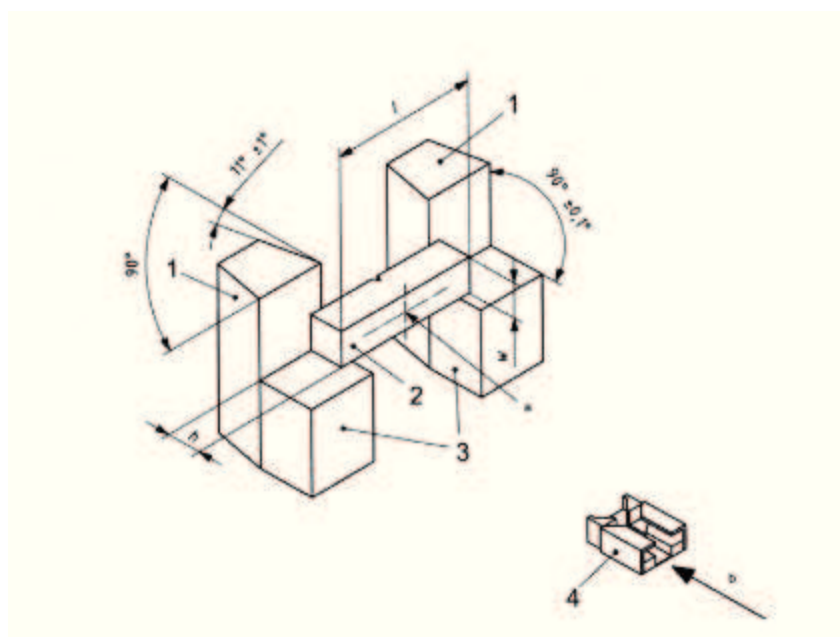
2.3.1.1 Zkušební vzorek

Standartní zkušební tyč musí mít délku 55mm a čtvercový průřez o stranách 10mm. Ve středu délky musí být vrub, který má tvar U a nebo V. Pokud nedovoluje tvar výrobku vyrobit standardní těleso, může se použít jedna z variant nestandardních, a to tělesa o šířce 7,5; 5 a nebo 2,5mm. Při zkoušce je vrub umístěn ve středu mezi dvěma pevnými podpěrami, které jsou od sebe vzdáleny 40mm na protilehlé straně k místu úderu kladiva.

Rozměry zkušební vzorku (obr.2.4) jsou přesně stanoveny v normě ČSN EN ISO 148-1 str. 16 [7].



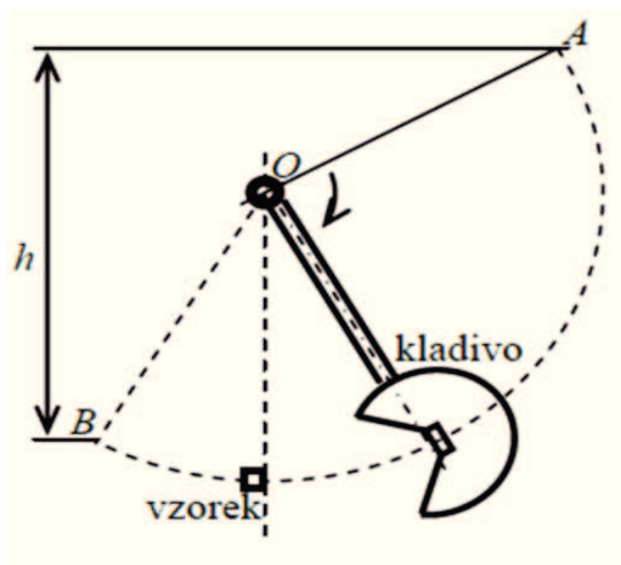
Obr. 2.4 Geometrie zkušební tělesa s V a U vrubem [7]



Obr. 2.5 Uložení zkušební vzorku na opěře [7]

2.3.1.2 Popis zkoušení

Na začátku zkoušky je kladivo umístěno do jeho horní polohy (A). Na podpěry se položí zkušební vzorek a kladivo se uvolní. Polohová energie kladiva se mění v kinetickou. V nejnižším místě své dráhy kladivo udeří do vzorku. Část kinetické energie se spotřebuje na deformaci vzorku. Kladivo překývne do polohy B. Rozdíl polohových energií kladiva v místech A a B představuje práci potřebnou na přeražení vzorku (obr.2.6).



Obr. 2.6 Funkce Charpyho kladiva [2]



Obr. 2.7 Lom zkušebních těles po měření vrubové houževnatosti [vlastní zpracování]

2.3.1.3 Vyjádření výsledků

Při značení první dvě písmena KC označují vrubovou houževnatost a třetí písmeno U nebo V udává tvar použitého vrubu u dané zkoušky. Význam číslic za písmenným označením je uveden v tabulce 2.1.

Tab. 2.1 Označení vrubové houževnatosti [2]

Označení vrubové houževnatosti	Tvar vrubu	Základní rozměry zkušební tyče		Starší označení vrubové houževnatosti
		Šířka (mm)	Hloubka vrubu (mm)	
KCU 2	U	10	2	R2
KCU 3	U	10	3	R3
KCU	U	10	5	R5
KCU 2/5	U	5	2	RT
KCV	V	10	2	RV

2.4 Zkoušky tvrdosti

Zkoušky mechanické tvrdosti jsou v praxi velmi rozšířené, zejména kvůli své jednoduchosti a možnosti využití tam, kde se jiné zkoušky nedají aplikovat. Při této zkoušce nedochází k takovému porušení zkoušeného materiálu, které by mělo za následek znehodnocení zkoušené součásti. Měřením tvrdosti se ovlivní pouze velmi malý objem na povrchu zkoušeného dílu.

Tvrdot se zkouší různými metodami, které se dají rozdělit podle principu na:

- vnikací,
- vrypové,
- odrazové,
- kyvadlové.

Dále se dají rozdělit podle rychlosti zatěžující síly na:

- statické,
- dynamické.

Podle účelu měření tvrdosti na:

- zkoušku makrotvrdosti (měří se tvrdost kovu jako celku),
- zkoušku mikrotvrdosti (měří se tvrdost jednotlivých složek struktur materiálu).

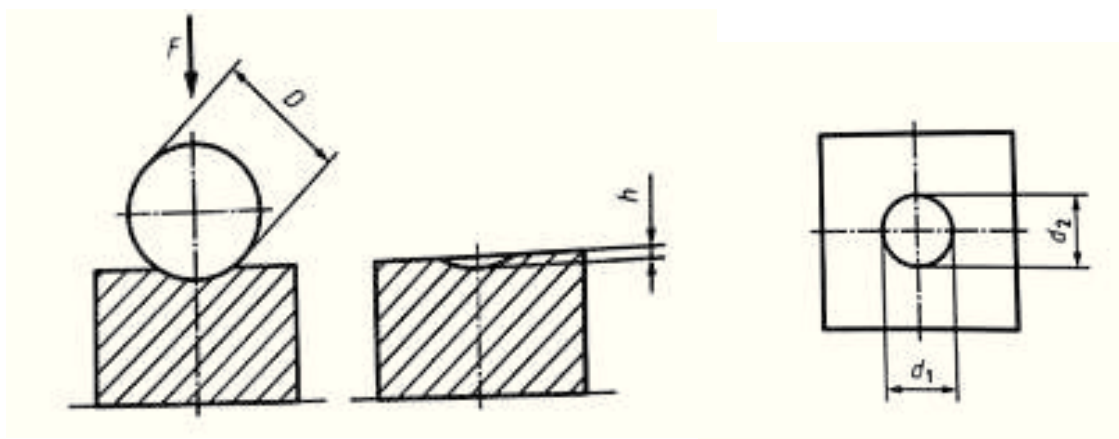
Pro použití na ověření jakosti materiálu se zaměříme pouze na zkoušky vnikací, kterých se podle požadavků praxe rozšířilo hned několik. Liší se od sebe tvarem a materiálem indentoru, velikostí zatížení a způsobem vyhodnocení. Mezi nejrozšířenější patří Brinellova, Rockwellova a Vickersova metoda.

2.4.1 Metoda Brinell

Metoda je řízena normou ČSN EN ISO 6506-1,2,3,4. Podstatou této metody je zatlačování vyleštěné kuličky o průměru D (mm) stanovenou silou F (N). Po odlehčení zatížení se změří rozměr vtisku d (mm). Průměr vtisku se měří ve dvou směrech, které jsou na sebe přibližně kolmé (obr.2.8). V době vzniku této metody byla použita kulička ocelová kalená, v současnosti se používá kulička vyrobená z tvrdokovu. Tím se oblast měření rozšířila až do tvrdosti 650 jednotek Brinell. Metoda je použitelná pro měření tvrdosti ocelí, litin i neželezných kovů. Zatížení se volí tak, aby velikost vtisku d se nacházela mezi hodnotami $0,24 D$ a $0,6 D$. Pro ocel a litiny je poměr zatížení $(0,102 \cdot F) / D^2$ stanoven na hodnotu 30, pro hliníkové slitiny 10.

Výsledek měření lze zapsat např. takto 253 HBW 10/3000, kde číslo 10 znamená průměr použité kuličky a číslo 3000 znamená použité zatížení v kp. Písmeno W v označení znamená použití kuličky z tvrdokovu. Pro měření se používají kuličky o průměru 10, 5, 2,5, a 1 mm. Obecně se doporučuje používat co možná největší průměr, kuličku o průměru 1 mm je doporučeno kvůli nepřesnosti měření raději nahradit některou více vhodnou metodou např. HV10.

Přístroje pro měření touto metodou jsou obvykle robustní stacionární, které jsou vybaveny přímo optickými zaměřovači vtisku. Kvůli nevýhodě v pomalém a pracném optickém odečítání rozměru, nutnosti zpracovávat a vyhodnocovat data elektronicky a z důvodu potřeby zařadit tyto tvrdoměry přímo do výrobních linek, se optika nahrazuje např. snímáním obrazu vtisku CCD kamerou s okamžitým počítačovým zpracováním [5].



Obr. 2.8 Princip zkoušky Brinell [5]



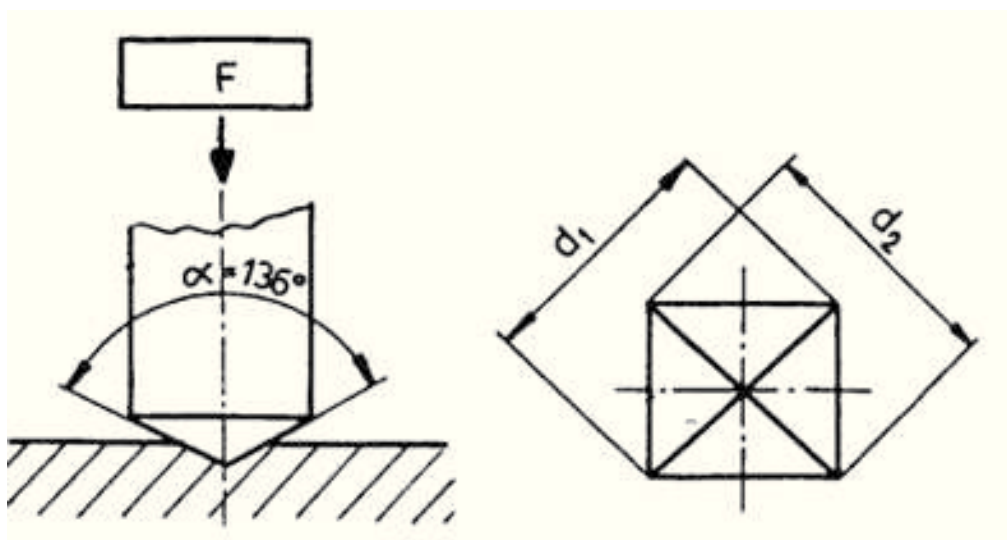
Obr. 2.9 Zkušební stroj DIA TESTOR 3b od firmy Wolpert [vlastní zpracování]

2.4.2 Metoda Vickers

Tato metoda je řízena normou ČSN EN ISO 6507-1,2,3,4. Její princip je založen na vnikání diamantového vnikacího tělesa, které má tvar jehlanu s čtvercovou základnou a vrcholovým úhlem stěn 136° stanovenou silou. Po odstranění vnikacího tělesa se měří obě uhlopříčky vtisku (obr.2.10). Tvrdost se vypočte jako poměr působící síly v kp ($0,102 \cdot F[N]$) a plochy vtisku v mm^2 . Tato metoda umožňuje využití širokého rozsahu zatížení F [N], které jsou rozděleny do třech skupin.

- | | | |
|---|----------------|--|
| 1. $F \geq 49.03 \text{ N}$ | HV5 – HV100 | Zkouška tvrdosti podle Vickerse |
| 2. $1.964 \text{ N} \leq F < 49.03 \text{ N}$ | HV0,2 – 49.03 | Zkouška tvrdosti podle Vickerse
při nízkém zatížení |
| 3. $0.09807 \text{ N} \leq F < 1.964 \text{ N}$ | HV0,01 – HV0,2 | Zkouška mikrotvrdosti podle
Vickerse |

Řada nových tvrdoměrů používá automatický systém vyhodnocování velikosti vtisků a tím i naměřené tvrdosti. V mnoha případech nelze měřicí systém těchto tvrdoměrů kontrolovat běžným způsobem – použitím měřítek s ryskami. Metoda je náročnější na přípravu měřeného povrchu, který musí být rovinný, hladký a bez oleje a jiných nečistot tak, aby bylo umožněno přesné změření vtisku [5].



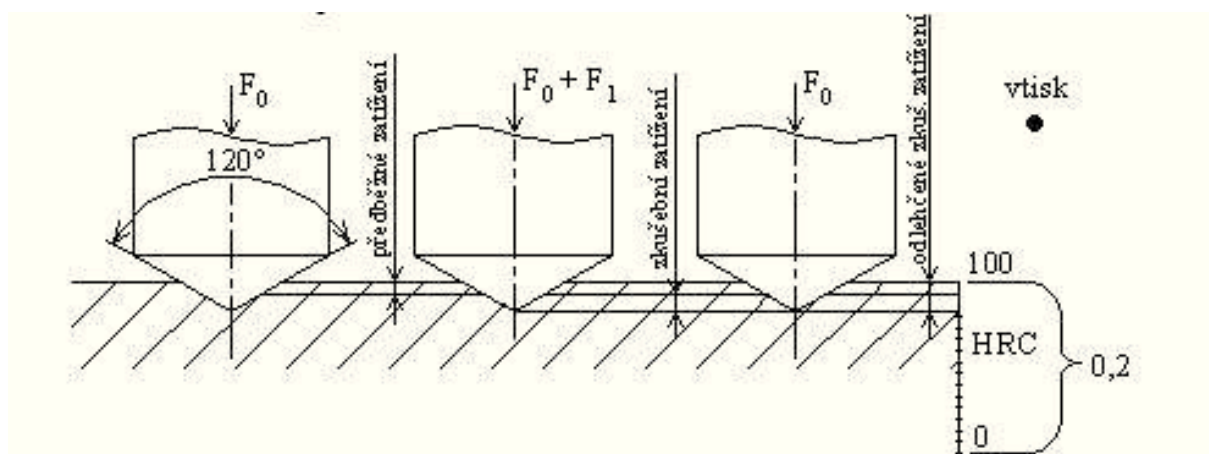
Obr. 2.10 Princip zkoušky Vickers [5]

2.4.3 Metoda Rockwell

Tato metoda je řízena normou ČSN EN ISO 6508 – 1,2,3. Výsledky měření metodou Rockwell ovlivňují pružně – plastické vlastnosti zkoušeného materiálu. Vnikací těleso stanoveného tvaru se vtlačí předběžným zatížením do povrchu zkoušeného vzorku a nastaví se nula na hloubkoměru (resp. Hodnota tvrdosti 100 u stupnic s diamantovým vnikacím tělesem a 130 u stupnic s kuličkou) Vnikací těleso se zatíží předepsaným hlavním zatížením, po odstranění hlavního zatížení se změří hloubka vzniklého vtisku h , která slouží k výpočtu tvrdosti (obr.2.11). Pro měření tvrdých materiálů je určeno těleso s diamantovým zaobleným kuželem o vrcholovém úhlu 120° . Pro měření materiálů nižší tvrdost jsou určeny tvrdokovové kuličky průměrů $1/16''$, $1/8''$, $1/4''$ a $1/2''$. Rozsah použití, souhrn vnikacích těles pro tři nejrozšířenější metody a značení je uvedeno v tabulce 2.2 [5].

Tab. 2.2 Rozsah použití, souhrn vnikacích těles a značení [5]

Stupnice	Vnikací těleso	Předběžné zatížení [N]	Celkové zatížení [N]	Rozsah stupnice HR	Oblast použití
HRA	Diamantový kužel	98,07	588,4	20-88	ocel, tvrdokovy
HRB	Kulička 1,5875mm	98,07	980,7	20-100	měkká ocel
HRC	Diamantový kužel	98,07	1471	20-70	ocel, kalená ocel



Obr. 2.11 Princip zkoušky Rockwell HRC[5]

3 CHEMICKÉ ZKOUŠENÍ MATERIÁLU

Chemický rozbor slouží ke zjištění a potvrzení druhu materiálu a také ke zjištění podílů jednotlivých prvků v materiálu. Je proto velmi důležitý jak pro dodavatele, tak pro příjemce materiálu. Vyloučí se tím případné záměny, které mohou mít fatální následky při tepelném zpracování již hotových výrobků. Během mechanického zkoušení, nebo při samotném obrábění se nemusí vždy záměna projevit. Ke kontrole nakoupeného hutního materiálu se využívá přístroje na principu optické emisní spektrometrie s doutnavým výbojem, která je metodou pro přímé stanovení chemického složení pevných látek. Dále se využívá rentgenový spektrometr, který pracuje na principu Energiově Disperzní X-Ray Fluorescenci.

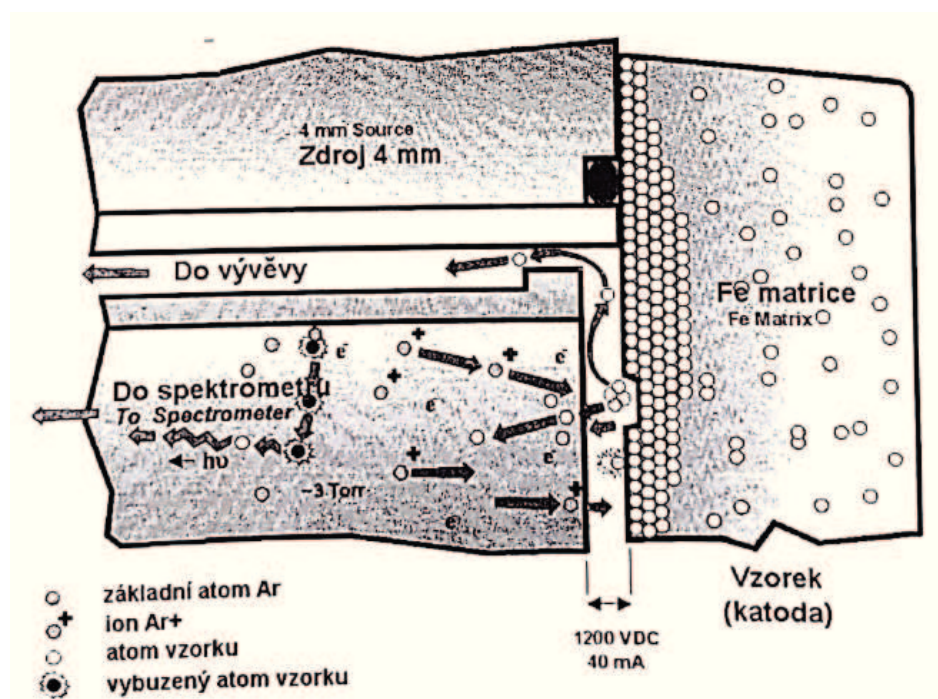
3.1 Optický spektrometr

Jedná se o metodu z většiny destruktivní, kdy se musí vyříznout část materiálu, protože prostor pro jiskřiště, kde dochází k výboji je velmi omezen. Vzorky se připravují v podobě plochých destiček nebo kotoučů. Povrch vzorků se musí připravit pečlivě, aby při uložení vzorku na zdroj doutnavého výboje vakuově těsnil se zdrojem a aby nepoškodil anodu. Po upevnění vzorku na zdroj doutnavého výboje je zdroj evakuován a naplněn argonem. Mezi vzorek (katodu) a elektricky uzemněné tělo lampy (anodu)

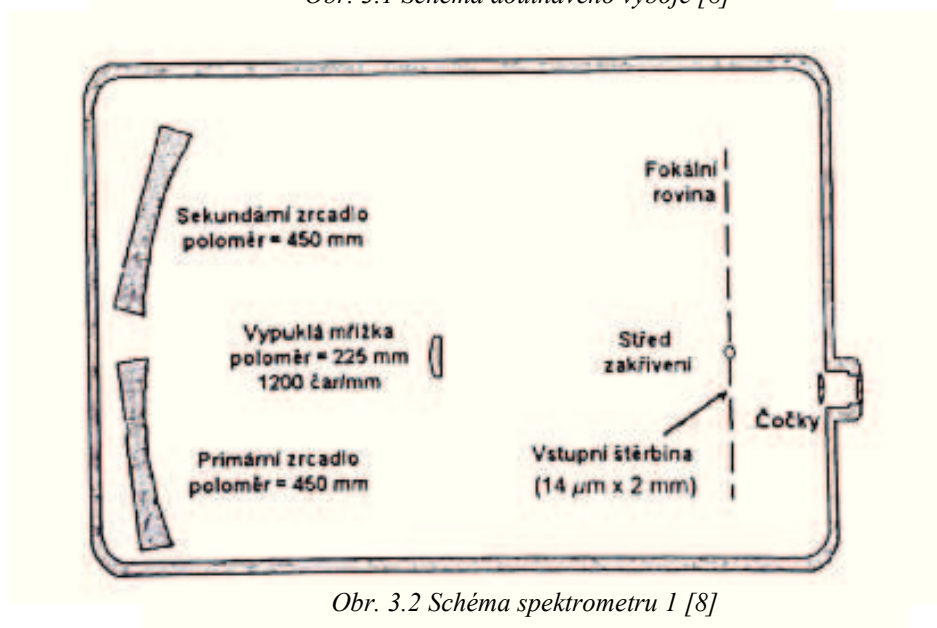
je vloženo konstantní elektrické pole. To má za následek tvorbu stabilního, automaticky se udržujícího výboje, který se nazývá doutnavý. Vložené napětí je regulováno vysokonapětovým zdrojem a proud je udržován konstantní regulací tlaku argonu. Jakmile se plazma zapálí, jsou ionty interního plynu, vzniklé v plazmě urychlovány elektrickým polem ke vzorku (katodě). Proces se nazývá katodické odprašování a jedná se o kinetickou energii z iontů interního plynu, která je předávána atomům na povrchu vzorku, což způsobí u některých z nich uvolnění do plazmy (obr.3.1).

Vybuzené atomy rychle přechází na nižší energetický stav při současném vyzařování fotonu. Vlnová délka každého fotonu je určována elektronovou konfigurací atomu, ze kterého byl vyzářen. Protože každý prvek má jedinečné uspořádání svých elektronů, lze každý prvek identifikovat podle jeho emisního spektra. K tomu se používá spektrometr, který se skládá ze dvou ploskovypuklých čoček, vstupní štěrby, dvou dutých kulových zrcadel a kulové vypuklé difrakční mřížky. Mřížka a zrcadla jsou umístěna ve spektrometru tak, že středy jejich zakřivení jsou společné. Při takové konfiguraci vzniká

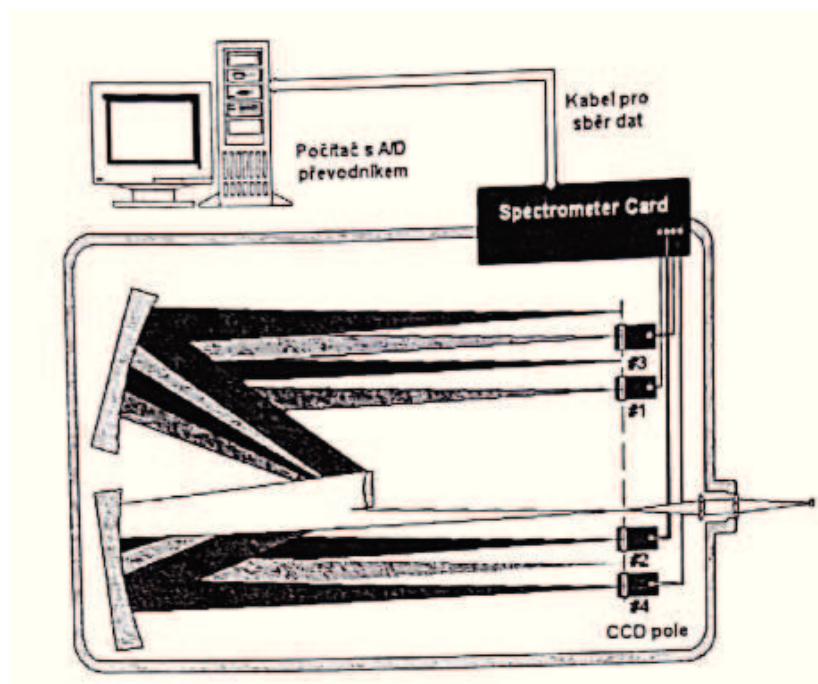
fokální rovina, v níž mohou být umístěny vstupní štěrbinu a detektory. Bílé světlo z doutnavého výboje je čočkami zaostřeno na vstupní štěrbinu a dopadá na první zrcadlo, kterého kolimuje a odráží na difrakční mřížku. Část dopadajícího světla je difraktována od prvního zrcadla jako první kladný řád difrakce. Stejná část dopadajícího světla je difraktována na druhém zrcadle jako první záporný řád difrakce. Obě spektra jsou zaostřena na fokální rovinu na opačných stranách vstupní štěrbinu. Tam jsou umístěna pole detektorů s nábojovou vazbou tak, aby zachycovala celé emisní spektrum, to se převádí na elektrické signály, které jsou přenášeny na kartu spektrometru. Karta přenáší analogový signál z každého pole do počítače, kde je spektrum digitalizováno a dále zpracováváno [8].



Obr. 3.1 Schéma doutnavého výboje [8]



Obr. 3.2 Schéma spektrometru 1 [8]

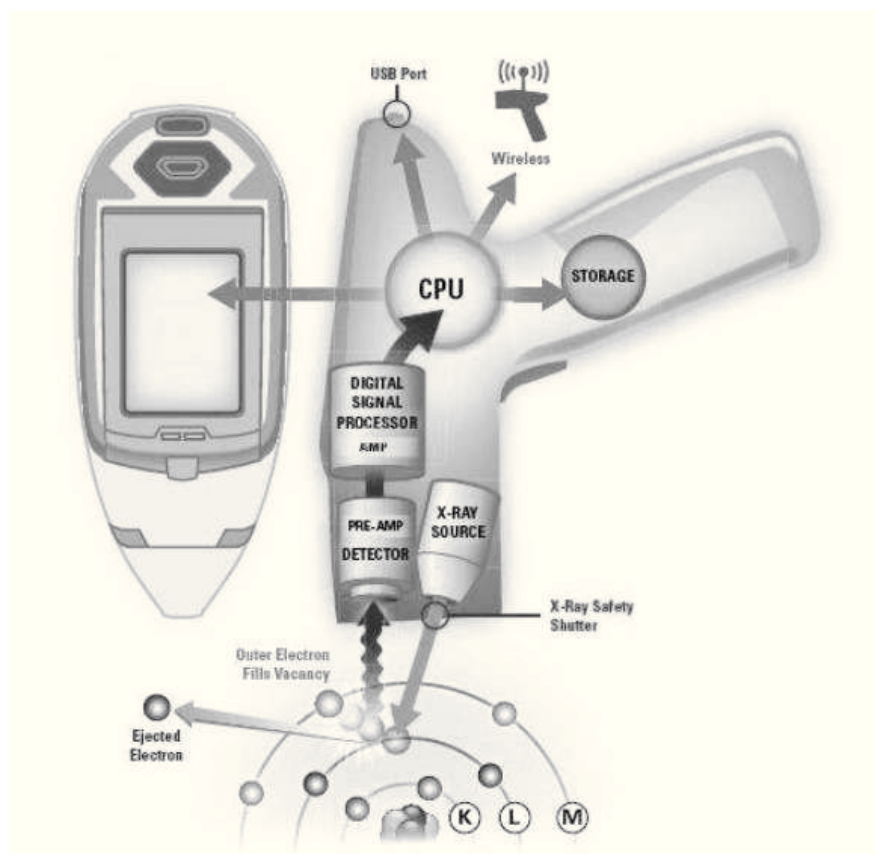


Obr. 3.3 Schéma spektrometru 2 [8]

3.2 Rentgenový spektrometr

Tyto přístroje prošly v posledních letech řadou významných inovací, miniaturizací a vylepšení analytických vlastností. Jedná se o metodu nedestruktivní, která dokáže analyzovat jak drobné díly, tak i velmi rozměrné součásti díky své mobilitě. Jediným bohužel dost podstatným nedostatkem při chemickém rozboru kovů je absence možnosti analyzovat uhlík a některé další lehké prvky.

Princip přístroje spočívá v tom, že rentgenová lampa vysílá gama záření, které dopadá na měřený vzorek. Tam vyraží z atomů elektrony a při tom se uvolňuje tzv. sekundární záření (fluorescence), které dopadá na detektor v přístroji. Detektor je schopen změřit energii dopadajících elektronů a spočítat jejich množství. Pro každý prvek je typická určitá energie a množství naměřených impulsů je přímo úměrné koncentraci daného prvku. Analyzátor (obr.3.4) je vybaven výkonným výpočetním systémem, který je schopen velmi rychle zpracovávat data z detektoru a pomocí fundamentálních parametrů vypočítat přesné koncentrace jednotlivých prvků v měřeném vzorku. Výsledky se ukládají do vnitřní paměti, odkud můžou být dále zpracovány do PC popř. tisknuty [10].



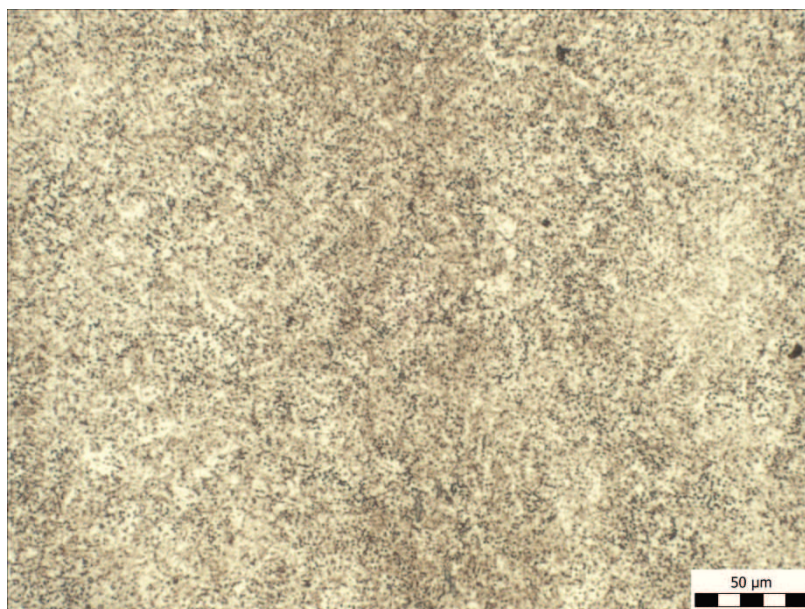
Obr. 3.4 Schéma analyzátoru NITON [10]

4 METALOGRAFICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLU

4.1 Kontrola mikrostruktury

Mikrostruktura materiálu je charakterizována fázovým složením, druhem a množstvím mikrostrukturních složek a útvarů, dále jejich morfologií tj. tvarem, velikostí, rozmístěním, orientací a texturou, vztaženými na jednotku plochy. Ze vzorku se vypracuje na speciálním přístroji postupnými kroky broušením a leštěním metalografický výbrus, který se musí před samotným hodnocením vhodným činidlem naleptat. Díky rozdílné leptatelnosti jednotlivých složek se zvýrazní detaily, které se pozorují pomocí světelné optické mikroskopie.

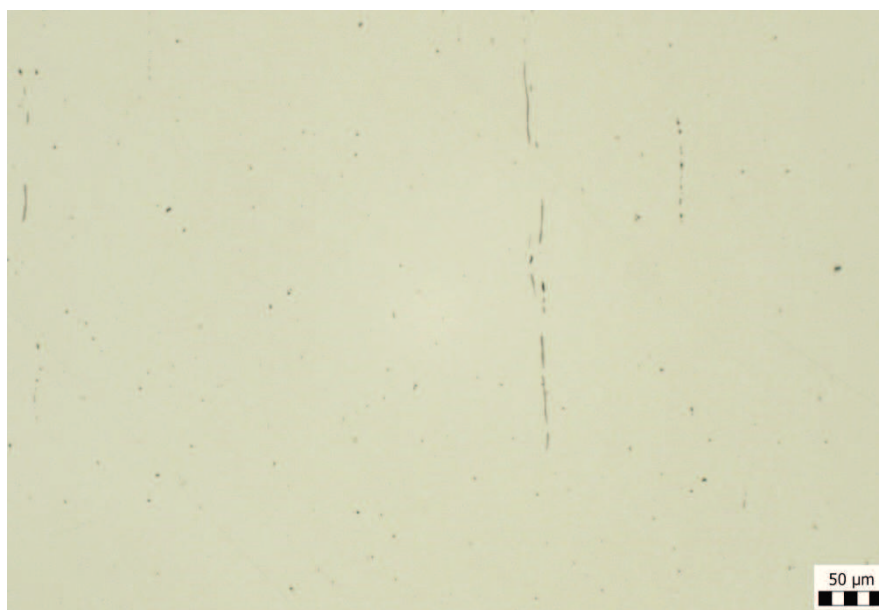
Na základě porovnání se určí velikost zrna a procentuální obsah strukturních složek. K vyhodnocení se využívá metoda mřížková nebo porovnávací. Mřížková metoda spočívá na pozorování struktury v uzlových bodech (mřížkách). Porovnávací je založena na srovnávání obrazce vzorku s etalonem (obvykle tištěný), metoda je definována normou ISO 643.



Obr. 4.1 Foto z vyhodnocení mikrostruktury [vlastní zpracování]

4.2 Kontrola mikročistoty

Zkouška mikročistoty oceli je prováděna dle normy ISO 4967, kdy se kontroluje přítomnost nekovových vměstků, které mohou být příčinou iniciace únavových trhlin. Vyleštěná plocha je 100× zvětšená. Vizuálně se porovnává pole s obrazovým etalonem. Vměstky se dělí na 5 skupin - sulfidy A, hlinitany B, křemičitany C, u kterých je hlavním parametrem celková délka v mikrometrech, počet globulárních oxidů D a průměr globulárních oxidů DS.



Obr. 4.2 Foto z vyhodnocení mikročistoty [vlastní zpracování]

5 HLAVNÍ DÍLY ZBRANĚ

Zbraně se obvykle skládají z desítek součástí. Zákon o zbraních přesně stanovuje, které části zbraně podléhají registraci – jsou to tzv. *hlavní části střelné zbraně*: hlaveň, vložná hlaveň, vložná nábojová komora, rám, válec revolveru, pouzdro závěru nebo tělo a závěr [9].

5.1 Hlaveň

Je základní část každé hlavňové zbraně. Slouží k udělení směru a velikosti počáteční rychlosti střele. Hlaveň je obecně tlustostěnná válcová nádoba v zadní části uzavřená pevným dnem (závěrem) a v přední části, ve směru pohybu střely, je otevřená [14].



Obr. 5.1 Pistolová hlaveň [vlastní zpracování]

5.2 Závěr

Souhrn prvků, které slouží v době výstřelu k uzavření hlavně a u uzamčených závěrů i k uzamčení nábojové komory. Pro ověření jakosti se budeme dále zabývat pouze materiály používanými pro výrobu těla závěru [15].



Obr. 5.2 Tělo závěru pistole [vlastní zpracování]

5.3 Pouzdro závěru

Slouží pro uložení závěru. Při výstřelu tvoří s hlavní jeden celek. Někdy je pouzdro i svázáno s ústrojím nabíjení zbraně. U zbraně s nepohyblivou hlavní je nazýváno pouzdem střelecké zbraně [16].



Obr. 5.3 Pouzdro závěru - malorážka [vlastní zpracování]

5.4 Rám

Základní část zbraně, nese spoušťový i část bicího ústrojí, rukojeť slouží jako zásobníková šachta. Podélné drážky rámu vedou závěr [16].



Obr. 5.4 Rám pistole [vlastní zpracování]

6 MATERIÁLY PRO VÝROBU HLAVNÍCH DÍLŮ ZBRANĚ JEJICH KONTROLA

6.1 Hlaveň

Ocel se vyrábí v kyslíkových konvertorech nebo v elektrické obloukové peci s následným vakuováním. Tekutá ocel se odlévá na zařízení pro kontinuální odlévání. Získaný polotovár má kruhový průřez. Následné zušlechťení se provádí převážně indukčním kalením. Zušlechťení se provádí na hodnoty dle speciálního ujednání tedy v 9. Nejčastěji používané materiály jsou ČSN 15142 (42CrMo4), ČSN15230, 1.7765 (32CrMoV12-10), pro nerez provedení 1.4006 (X12Cr13) a pro malorážkové zbraně se používá např. ČSN12051.6.

6.1.1 Rozsah vstupních zkoušek hlavňového materiálu

Extrémní namáhání hlavní se projevuje i ve vstupních zkouškách všech materiálů určených pro jejich výrobu. Materiál je kontrolován zkouškou tahem, zkouškou vrubové houževnatosti, zkouškou tvrdosti podle Brinella, kontrolou mikročistoty, mikrostruktury a samozřejmě je prověřeno chemické složení dané tavby.

6.1.2 Mechanické zkoušky hlavňových materiálů

Předpis pro mechanické vlastnosti hlavňových materiálů je uveden v tabulce 6.1.

Tab. 6.1 Hodnoty pro vstupní kontrolu mechanických vlastností hlavňových materiálů [12]

Materiál	Rp _{0,2} [MPa]	Rm[MPa]	A[%]	Z[%]	HBW10/3000	KCU[J/cm ²]
ČSN 15230.9	min.720	850-1000	min.15	min.50	260-307	min.60
W.Nr.1.7765+QT	min.720	850-1000	min.15	min.50	260-307	min.60
W.Nr.1.4006+QT	min.450	650-850	min.15	-	-	min.25
ČSN 15142.9	min.720	850-1000	min.14	min.50	260-307	min.60
ČSN 12051.6	min.390	640-780	min17	min35	192-239	-

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu hlavní naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.2.

Tab. 6.2 Naměřené hodnoty hlavních materiálů [vlastní zpracování]

Materiál	Rp0,2[MPa]	Rm[MPa]	A[%]	Z[%]	KCU[J/cm²]	HBW10/3000
ČSN 15230.9	841	938	17,7	68	182	291
	874	977	17,0	69	171	285
	805	913	18,2	71	192	282
ČSN 15142.9	846	963	17,0	64	168	298
	829	951	18,0	63	188	289
	791	923	19,2	68	206	291
W.Nr.1.7765+QT	758	898	20,0	70	260	273
	757	888	19,2	69	255	275
	760	880	19,0	69	235	271
W.Nr.1.4006+QT	621	764	21,1	-	97	-
	602	733	22,2	-	84	-
	633	771	21,5	-	102	-
ČSN 12051.6	524	746	25,0	61	-	210
	499	751	25,0	58	-	225
	467	740	26,1	60	-	208

Zkouška byla provedena u všech materiálů na třech vzorcích různých taveb. Zkouška tahem byla provedena na trhacím stroji značky INSTRON 4505, zkouška vrubové houževnatosti na Charpy kladivu značky HECKERT a tvrdost byla měřena na tvrdoměru značky Wolpert typ DIA TESTOR 3b. Přístroje použité pro získání výsledků jsou pravidelně ověřovány akreditovanou laboratoří popř. pomocí kalibračních vzorků.

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

6.1.3 Zkoušky chemického složení hlavních materiálů

Předpisy pro chemické složení ocelí hlavních materiálů jsou uvedeny v tabulkách níže.

Tab. 6.3 Předpis pro chemické složení oceli ČSN 15 142 [12]

Značka oceli	Chemické složení [%]						
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
ČSN 15142	0,38	0,50	0,17	Max	Max	0,90	0,15
	0,45	0,80	0,37	0,020	0,020	1,20	0,30
	±0,01	±0,05	+0,05 -0,03	-	-	±0,05	±0,03

Tab. 6.4 Předpis pro chemické složení oceli ČSN 15 230 [12]

Značka oceli	Chemické složení [% hmot]						
	C	Mn	Si	P	S	Cr	V
ČSN 15230	0,26	0,40	0,17	Max	Max	2,20	0,10
	0,30	0,80	0,37	0,025	0,020	2,50	0,20
	+0,02	+0,10	+0,05	-	-	±0,10	+0,07
	-0,01	-0,05	-0,03	-	-	±0,10	-0,03

Tab. 6.5 Předpis pro chemické složení oceli W.Nr.1.7765 [12]

Značka oceli	Chemické složení [% hmot]							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	V	Mo
W.Nr.1.7765	0,30	≤0,60	≤0,35	Max	0,005	2,80	0,25	0,80
	0,35			0,020	0,015	3,20	0,35	1,20
	±0,02	+0,04	+0,03	+0,005	±0,005	±0,10	±0,02	±0,05

Tab. 6.6 Předpis pro chemické složení oceli W.Nr.1.4006 [12]

Značka oceli	Chemické složení [% hmot]						
	C	Mn	Si	p	S	Cr	Ni
W.Nr.1.4006	0,08	Max	Max	Max	Max	11,5	Max
	0,15	1,50	1,00	0,040	0,015	13,5	0,75

Tab. 6.7 Předpis pro chemické složení oceli ČSN 12 051 [11]

Značka oceli	Chemické složení [% hmot]							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
ČSN 12051	0,47	0,50	0,15	Max	Max	Max	Max	Max
	0,55	0,80	0,40	0,040	0,040	0,25	0,30	0,30
	±0,03	-0,05 +0,10	-0,03 +0,05	-	-	-	-	

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu hlavní naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.8.

Tab. 6.8 Naměřené hodnoty jednotlivých prvků v [% hmot.] [vlastní zpracování]

Materiál	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	V	Ni	Cu
ČSN 15230.9	0,27	0,52	0,25	0,014	0,011	2,31	-	0,14	-	-
ČSN 15142.9	0,39	0,66	0,32	0,012	0,016	1,02	0,25	-	-	-
W.Nr.1.7765+QT	0,33	0,51	0,26	0,015	0,009	2,99	0,90	0,26	-	-
W.Nr.1.4006+QT	0,12	0,64	0,37	0,022	0,004	12,0	-	-	0,46	-
ČSN 12051.6	0,51	0,65	0,32	0,011	0,008	0,24	-	-	0,04	0,08

Kontrola byla provedena u každého materiálu z jedné tavby na spektrálním přístroji LECO GDS 500A.

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

6.1.4 Kontrola mikrostruktury

Mikrostruktura zušlechtěných tyčí musí být tvořena homogenním sorbitem s omezeným množstvím volného feritu popř. feritického síťoví a bez výrazné pruhovitosti dle etalonů odběratele [12].

6.1.5 Kontrola mikročistoty

Mikročistota stanovená podle ČSN ISO 4967 metodou A, musí splňovat následující indexy z tabulky.6.9.

Tab. 6.9 Maximální hodnoty stanovené pro mikročistotu [12]

Typ vměstku	A	B	C	D	DS
Průměrná hodnota Indexu	Max. 2,5	Max. 2	Max. 2	Max. 2	Max. 2

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu hlavní naměřené hodnoty mikročistoty jsou uvedeny v tab.6.10.

Tabulka 6.10 Naměřené hodnoty mikročistoty [vlastní zpracování]

Typ vměstku	A	B	C	D	DS
ČSN 15230.9	1,3	0,5	0	0,5	0
ČSN 15142.9	1,0	0,2	0	0,5	0
W.Nr.1.7765+QT	1,0	0,5	0	1,0	0,5
W.Nr.1.4006+QT	1,5	0	0	0,5	0

Mikročistota byla kontrolována na mikroskopu OLYMPUS PMG3 při zvětšení 100x, mikrostruktura při zvětšení 500x. Výsledky byly porovnávány s tištěnou předlohou z daných norem. Ve všech případech byly vyhodnoceny jako vyhovující. Měření proběhlo v metalurgické laboratoři CZUB. Materiál pro výrobu malorážkových hlavní (ČSN 12051) se na mikročistotu a mikrostrukturu nekontroluje.

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

6.2 Tělo závěru

Materiály pro výrobu těla závěrů se po obrobení dále tepelně zpracovávají, čímž se podstatně mění jejich mechanické vlastnosti. Proto se provádí pouze kontrola chemického složení a kontrola tvrdosti. Tím se vyloučí možná záměna materiálu a případné problémy, které by mohly vzniknout s jeho obráběním. Výjimku tvoří pouze materiály pro nerez provedení, které se pro snadnější obrábění (snížení adheze k nástroji, lepší lámání třísky) dodávají ve stavu QT (zušlechtěno), protože pro tento stav není definována tvrdost, ale mez pevnosti, kontrolují se tedy zkouškou na tah.

6.2.1 Použité materiály

Pro pistolové tělo závěru se používá např. materiál ČSN 15142 (42CrMo4) v případě nerezového provedení W.Nr.1.4057 + QT. Pro kulovnicové tělo závěru, které je následně tepelně zpracováváno nitrocementací 16MnCrS5 + C (ČSN 14220). Pro malorážky 42CrMo4 (ČSN15142) a pro nerez provedení malorážek W.Nr.1.4028 + QT.

Předepsané hodnoty pro vstupní kontrolu mechanických vlastností materiálů pro těla závěrů jsou uvedeny v tabulce 6.11.

Tab. 6.11 Předepsané hodnoty pro vstupní kontrolu mechanických vlastností materiálů pro těla závěrů
[11,12]

Materiál	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A[%]	Z[%]	HBW10/3000
42CrMo4+A	-	-	-	-	Max.241
16MnCrS5+A	-	-	-	-	max.197
W.Nr.1.4057+QT	Min.600	800-950	Min14	-	-
W.Nr.1.4028+QT	Min.650	850-1000	Min.10	-	-

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu těla závěrů, zjištěné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.12.

Tab. 6.12 Zjištěné mechanické hodnoty materiálů pro výrobu těla závěrů [vlastní zpracování]

Materiál	Rp _{0,2} [MPa]	Rm [MPa]	A [%]	Z [%]	HBW10/3000
42CrMoS4	-	-	-	-	183
	-	-	-	-	174
	-	-	-	-	180
16MnCrS5+A	-	-	-	-	155
	-	-	-	-	154
	-	-	-	-	161
W.Nr.1.4057	675	915	17	-	-
	668	930	16	-	-
	641	921	19	-	-
W.Nr.1.4028	763	884	15	-	-
	731	878	17	-	-
	744	912	14	-	-

Zkouška byla provedena u všech materiálů na třech vzorcích různých taveb. Zkouška tahem byla provedena na trhačím stroji značky INSTRON 4505 a tvrdost byla měřena na tvrdoměru značky Wolpert typ DIA TESTOR 3b.

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

6.2.2 Zkoušky chemického složení ocelí na výrobu těla závěrů

Předpisy pro chemické složení materiálů pro výrobu těla závěrů jsou uvedeny v tabulkách níže.

Tab. 6.13 Předpis pro chemické složení oceli 42CrMo4 [11]

Chemické složení [hm. %]						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,38 0,45	Max 0,40	0,60 0,90	Max 0,035	Max 0,035	0,90 1,20	0,15 0,30

Tab. 6.14 Předpis pro chemické složení oceli 16MnCrS5[11]

Chemické složení [hm. %]					
C	Si	Mn	P	S	Cr
0,14 0,19	Max 0,40	1,00 1,30	Max 0,035	0,020 0,035	0,80 1,10

Tab. 6.15 Předpis pro chemické složení oceli W.Nr.1.4057[11]

Chemické složení [hm. %]						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0,12 0,22	Max 1,00	Max 1,50	Max 0,040	Max 0,015	15,0 17,0	1,50 2,50

Tab. 6.16 Předpis pro chemické složení oceli W.Nr.1.4028 [11]

Chemické složení [hm. %]					
C	Si	Mn	P	S	Cr
0,26 0,35	Max 1,00	Max 1,50	Max 0,040	Max 0,015	12,0 14,0

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu těla závěru, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.17.

Tab. 6.17 Naměřené hodnoty jednotlivých prvků v [% hmot.] [vlastní zpracování]

Materiál	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni
42CrMo4	0,40	0,83	0,23	0,008	0,023	1,10	0,16	-
16MnCrS5	0,18	1,16	0,28	0,020	0,023	1,03	-	-
W.Nr.1.4057	0,17	0,52	0,42	0,025	0,011	15,40	-	2,12
W.Nr.1.4028	0,31	0,46	0,32	0,022	0,014	12,10	-	-

Kontrola byla provedena u každého materiálu z jedné tavby na spektrálním přístroji LECO GDS 500A.

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

6.3 Pouzdro závěru

Pouzdro závěru kulovnic prošlo za posledních pár let stejně jako spousta dalších dílů zbraně modernizací při svém obrábění, s tím je spojen i přechod na nové materiály. Původní materiál ČSN 15142, ze kterého byl zhotoven výkovek, je postupně nahrazován materiálem ETG 100 +C, který se používá i místo původního taženého materiálu 42CrMoS4, který sloužil pro výrobu malorážkového lůžka. Tento materiál je dodáván již v zušlechťeném stavu, ve kterém si díky vyššímu obsahu síry (obvykle nežádoucí jev) drží výbornou obrobiteľnost. Tato vlastnost ho předurčuje k využití na moderních výkonných obráběcích centrech, po jejichž přesném obrobení se pouzdro dále tepelně nezpracovává. Nedochozí tudíž k nežádoucím deformacím, které by musely být následně odstraněny. Jedinou nevýhodou tohoto materiálu je jeho velmi nízká vrubová houževnatost (cca 15 J/cm² výrobce hodnotu neuvádí pouze osobní zkouška), tudíž ho nelze využít při zachování současné konstrukce zbraně u výkonných ráží.

Předepsané hodnoty pro vstupní kontrolu mechanických vlastností materiálů pro pouzdra závěrů jsou uvedeny v tabulce 6.18.

Tab. 6.18 Hodnoty pro vstupní kontrolu mechanických vlastností materiálů pro pouzdra závěrů[11,12]

Materiál	Rp _{0,2} [MPa]	Rm[MPa]	A[%]	Z[%]	HBW10/3000
ČSN 15142.3 výkovek	-	-	-	-	Max.241
42CrMoS4+A	-	-	-	-	Max.241
ETG 100 +C	Min.865	960-1100	Min.6	(20)	(320)

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu pouzdra závěru, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.19.

*Tab. 6.19 Naměřené hodnoty mechanických vlastností materiálů pro výrobu pouzder závěru
[vlastní zpracování]*

Materiál	Rp0,2[MPa]	Rm[MPa]	A[%]	Z[%]	HBW10/3000
ČSN15142.3 výkovek	-	-	-	-	167
	-	-	-	-	173
	-	-	-	-	171
42CrMoS4+A	-	-	-	-	195
	-	-	-	-	208
	-	-	-	-	204
ETG 100 +C	902	996	6,5	(23)	(301)
	915	1003	6,6	(22)	(308)
	908	1015	7,0	(25)	(305)

Zkouška byla provedena u všech materiálů na třech vzorcích různých taveb. Zkouška tahem byla provedena na trhačím stroji značky INSTRON 4505 a tvrdost byla měřena na tvrdoměru značky Wolpert typ DIA TESTOR 3b.

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

6.3.1 Zkoušky chemického složení ocelí na výrobu pouzder závěrů

Předpisy pro chemické složení materiálů pro výrobu pouzder závěrů jsou uvedeny v tabulkách níže.

Tab. 6.20 Předpis pro chemické složení oceli ČSN 15142 [11]

Značka oceli	Chemické složení [% hmot]							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S
ČSN 15142	0,38	0,50	0,17	0,90	Max	0,15	Max	Max
	0,45	0,80	0,37	1,20	0,50	0,30	0,035	0,035
	±0,01	±0,05	-0,03 +0,05	±0,005		±0,03		

Tab. 6.21 Předpis pro chemické složení oceli 42CrMoS4 [11]

Chemické složení [hm.%]						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,38	Max	0,60	Max	0,020	0,90	0,15
0,45	0,40	0,90	0,035	0,040	1,20	0,30

Tab. 6.22 Předpis pro chemické složení oceli ETG 100 [11]

Chemické složení [hm.%]						
C	Mn	Si	P	S		
0,40	1,35	0,10	Max	0,240		
0,48	1,65	0,30	0,040	0,330		

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu pouzder závěrů, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.23.

Tab. 6.23 Naměřené hodnoty jednotlivých prvků v [% hmot.] [vlastní zpracování]

Materiál	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni
ČSN15142	0,40	0,75	0,29	0,008	0,023	1,15	0,21	0,02
42CrMoS4	0,41	0,77	0,27	0,015	0,028	1,05	0,21	-
ETG100	0,43	1,55	0,12	0,020	0,282	-	-	-

Kontrola byla provedena u každého materiálu z jedné tavby na spektrálním přístroji LECO GDS 500A.

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

6.4 Rám

Původně výhradně ocelová (ČSN 422670, 15142) součást pistolové zbraně (mimo typ CZ 100) začala být vyráběna prvotně pro potřeby PČR z vysoce pevnostní slitiny hliníku (výkovek z EN AW 7075), tento materiál se vedle ČSN 15142 zachoval ve výrobě do dnes. Nicméně za posledních pár let s prudkým rozmachem ve výrobě plastů, který vedl až k teplotně a mechanicky velmi odolným polymerům, zesílenými navíc skelnými vlákny je podstatná část kovové výroby nahrazována. Kvalita těchto nakupovaných dílů je periodicky prověřována audity přímo u jejich výrobce. Vstupní zkoušky zůstaly zachovány pouze pro materiál ČSN 15142, EN AW 7075 a W.Nr.1.4057 pro nerez provedení.

Předepsané hodnoty pro vstupní kontrolu mechanických vlastností materiálů pro výrobu rámu jsou uvedeny v tabulce 6.24.

Tab. 6.24 Hodnoty pro vstupní kontrolu mechanických vlastností materiálů pro rámy [11,12]

Materiál	R_{p0,2}[MPa]	R_m[MPa]	A[%]	Z[%]	HBW
ČSN15142.3	-	-	-	-	Max.241
W.Nr.1.4057	-	-	-	-	263-324
EN AW 7075	Min.440	Min.530	Min.7	-	Min.135

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu rámců, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab.6.25

Tab. 6.25 Zjištěné hodnoty mechanických vlastností materiálů pro výrobu rámců [vlastní zpracování]

Materiál	Rp0,2[MPa]	Rm[MPa]	A[%]	Z[%]	HBW10/3000 – 2,5/62,5 pro EN AW 7075
ČSN15142.3	-	-	-	-	229
	-	-	-	-	210
	-	-	-	-	231
W.Nr.1.4057	-	-	-	-	289
	-	-	-	-	293
	-	-	-	-	277
EN AW 7075	448	539	8	-	138
	455	554	8	-	132
	459	548	9	-	133

Zkouška byla provedena u všech materiálů na třech vzorcích různých taveb. Zkouška tahem byla provedena na trhačím stroji značky INSTRON 4505 a tvrdost byla měřena na tvrdoměru značky Wolpert typ DIA TESTOR 3b

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

6.4.1 Zkoušky chemického složení ocelí na výrobu rámců

Předpisy pro chemické složení materiálů pro výrobu rámců jsou uvedeny v tabulkách níže.

Tab. 6.26 Předpis pro chemické složení oceli ČSN 15142 [11]

Značka oceli	Chemické složení [% hmot]							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S
ČSN 15142	0,38	0,50	0,17	0,90	Max	0,15	Max	Max
	0,45	0,80	0,37	1,20	0,50	0,30	0,035	0,035
	±0,01	±0,05	-0,03 +0,05	±0,005		±0,03		

Tab. 6.27 Předpis pro chemické složení oceli W.Nr.1.4057 [11]

Chemické složení [hm. %]						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0,12	Max	Max	Max	Max	15,0	1,50
0,22	1,00	1,50	0,040	0,015	17,0	2,50

Tab. 6.28 Předpis pro chemické složení oceli EN AW 7075 [12]

Chemické složení [hm. %]								
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Zr+Ti	Ni
Max	Max	1,20	Max	2,10	0,18	5,10	Max	Max
0,40	0,50	2,00	0,30	2,90	0,28	6,10	0,25	0,20

Praktická kontrola vstupních materiálů pro výrobu rámců, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce.6.29.

Tab. 6.29 Naměřené hodnoty jednotlivých prvků v [% hmot.] [vlastní zpracování]

Materiál	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni
ČSN 15142	0,43	0,72	0,30	0,011	0,008	1,14	0,21	0,03
W.Nr.1.4057	0,16	0,67	0,55	0,022	0,015	15,9	-	2,11

Materiál	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
EN AW 7075	0,09	0,12	1,67	0,01	2,48	0,21	5,76	0,019

Kontrola byla provedena u každého materiálu z jedné tavby na spektrálním přístroji LECO GDS 500A, EN AW 7075 byl kontrolován rentgenovým spektrometrem NITON XL3t 980 Gold.

Zjištění: Všechny naměřené hodnoty jsou vyhovující.

7 ZPRACOVÁNÍ HLAVNÍCH DÍLŮ

7.1 Hlaveň výroba

Hlubkové vrtání – technologie vycházející z klasického vrtání. Nejpoužívanější způsob výroby hlavních u malorážových zbraní je vrtání hlavňovým vrtákem. Tento způsob umožňuje zhotovení přesných děr o malých průměrech.

Za hluboký se považuje takový otvor, jehož poměr průměru a délky je minimálně 10 (u hlavních se tento poměr pohybuje mnohdy i 100).

Vrtání v CZUB probíhá na čtyřvřetených vyvrtáčkách (výrobce SIG), kde jsou polotovary upnuty vodorovně. Podávání do vřeten je řešeno automaticky. Hlavní řezný pohyb koná obrobek a vedlejší nástroj, který je tvořen jedním břitem (obvykle se slinutých karbidů) a vodící tyčí. Konstrukce vodící tyče umožňuje přívod chladicí kapaliny k břitů a odvod třísek tak, aby nedocházelo k ničení povrchu vývrtu již při obrábění.

Vystružování – patří mezi dokončovací operace. Provádí se z důvodu zlepšení vyvrtaného otvoru jak rozměrově (snížení přídavku na honování), tak geometricky pro zaručení kruhovitosti vyvrtaného otvoru.

U kovaných hlavních je finální rozměr stanoven kovacím trnem. Vystružení se provádí pouze pro snížení přídavku pro další operace nebo se vypouští. Jako nástroj se používají klasické výstružníky, které mají prodlouženou stopku a u větších ráží se používají vystružovací hlavy.

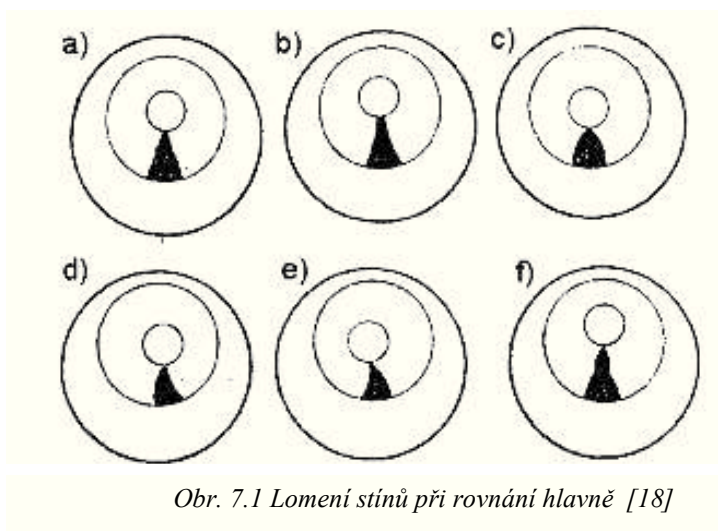
Leštění – provádí se u hlavních jak hladkých, tak drážkovaných před zhotovením vývrtu. Cílem je snížení drsnosti povrchu. Operace probíhá na leštícím stroji, jenž je obvykle tvořen více vřeteny. Nástroj tvoří olověný válec upevněný na ocelovém trnu, k němuž je přiváděn olej společně s abrazivními zrnky.

Honování – je poslední úprava před zhotovením vývrtu ke snížení jeho drsnosti povrchu. Obráběný materiál se odebírá abrazivním účinkem honovacích kamenů (uloženy v honovací hlavě) při malých řezných rychlostech a intenzivním využití řezných kapalin. Honování obvykle probíhá ve více stupních, výsledkem je vysoká jakost honovaného povrchu a přesnost geometrického tvaru.

Výroba vodících drážek – v současnosti se v CZUB využívá metody rotačním kování. Tato metoda je velmi produktivní s vysokou kvalitou vývrtu. Vývrt vzniká nakováním materiálu na vodící trn, který je negativum budoucího vývrtu. Tato metoda využívá plastické deformace materiálu působením tlakové síly kovacími kladiv. Samotné kování probíhá za studena, tedy bez předehřevu kovaného materiálu. Aby byl povrch vývrtu kvalitně zpracován po celé délce vývrtu, musí se před samotným kováním navrhnout vhodný tvar polotovaru. Kování probíhá na kovací stroji (SHK 10) kovací trn i kovací kladiva jsou vyrobeny ze slinutých karbidů.

Výroba nábojové komory – k výrobě se využívají tvarové výhrubník a výstružníky, jejichž rozměr a tvar je definován požadovaným rozměrem nábojnice. Komorování se provádí v soustruhu nebo speciálním zařízení. Nástroje jsou vedeny zhotoveným drážkováním pomocí válečku z měkkého kovu, který neponičí hotový vývrt.

Rovnání po výrobě – tato operace se provádí za pomoci mechanických lisů, vyžaduje však zkušenost pracovníka – rovnače. Lis je postaven proti světlu, místo ohybu se určí z lomu stínu.(VIZ obr.16.)



Obr. 7.1 Lomení stínů při rovnání hlavně [18]

- a) Přímá hlaveň
- b) Vrchol ohybu ve spodní části hlavně
- c) Vrchol ohybu v horní části hlavně
- d) Vrchol ohybu vlevo
- e) Vrchol ohybu vpravo
- f) Ostrý ohyb v $\frac{1}{4}$ délky hlavně [18]

7.2 Výroba hlavních dílů

Zbylé hlavní díly, kromě již výše zmiňované hlavně se v dnešní době téměř všechny vyrábějí na moderních CNC strojích. Z původní klasické výroby na konvenčních strojích zůstaly pouze některé hrubovací operace popř. přípravy technologických základů. Výhodou je samozřejmě vysoká výkonost těchto strojů s minimální výrobní odchylkou. Požadovaný díl je vyroben z převážné části na jedno upnutí. Případnou manipulaci mezi stroji zajišťuje robotická ruka. Tyto stroje využívají při obrábění nástroje, které mají možnosti vysokých řezných rychlostí. Nástroje jsou obvykle vyrobeny z tvrdokovu, jejichž životnost je ještě navýšena volbou vhodného povlaku.

Metody povlakování:

PVD (Physical Vapour Deposition- fyzikální napařování) - tato metoda patří mezi nejvyužívanější. Hlavním charakterem je nízká pracovní teplota pod 500°C. Je tedy vhodná i na povlakování nástrojů z rychlořezné oceli (HSS), kdy nedojde k jejich tepelnému ovlivnění.

CVD (Chemical Vapour deposition- chemické napařování z plynné fáze) - je to hlavní metoda povlakování slinutých karbidů, která probíhá za vysokých teplot v rozmezí 1000-1200°C.

PCVD (plazmaticky aktivované CVD metody) a **MTCVD** (Middle Temperature Chemical Vapour deposition- CVD za středních hodnot) - od klasické CVD metody se liší nižšími pracovními teplotami PCVD 400-600°C a MTCVD 700-850°C. Přičemž nemění její princip (vytváření povlaku z plynné fáze).

Nanášené povlaky

- **TiN** (nitrid titanu) - je použitelný na všechny aplikace má dobrou adhezi a elasticitu.
- **TiAlN** (titan aluminium nitrid) – je ideální pro velkorychlostní obrábění, má výbornou odolnost vůči vysokým teplotám.
- **DLC** –uhlíkové povlaky podobné diamantu s vysokou tvrdostí a nízkým koeficientem tření. Nejsou vhodné pro nástroje obrábějící ocel [17].

Kromě klasických nástrojů se v poslední době hodně využívají různé držáky pro plátky slinutých karbidů.

Jedním z mála lidských zásahů při výrobě hlavních dílů zůstává pouze ruční úprava hotových výrobků ogehlováním ostrin a případné rovnání.



Obr. 7.2 Povlakované nástroje [17]

7.3 Tepelné zpracování

Stabilizace- tepelné zpracování k odstranění vnitřního pnutí, které zůstalo ve výrobku např. po rovnání (využívá se při výrobě hlavní). Teplota při stabilizaci se musí pohybovat pod teplotou popuštění, aby nedocházelo k ovlivnění požadovaných mechanických vlastností.

Kalení - účelem kalení je zvýšení mechanických a fyzikálních vlastností kalených součástí. Princip spočívá v ohřevu na teplotu nad A_{3C} popř. A_{C1} , výdrž na této teplotě dokud nedojde k úplnému prohřátí dílu a následné ochlazení nadkritickou rychlostí za vzniku nerovnovážné martenzitické nebo bainitické struktury. Teploty přeměn se stanovují pomocí tzv. ARA a IRA diagramů.

Popouštění – ocel zakalená na martenzitickou strukturu má značné vnitřní pnutí a je kromě toho, že má velkou tvrdost, také velmi křehká. Abychom snížili tento nežádoucí jev a odstranili vnitřní pnutí, musíme po kalení ocel co nejdříve popustit ohřevem na popouštěcí teplotu. Výška teploty se stanoví dle požadované tvrdosti, ale vždy pod teplotou A_{c1} . Na hotových dílech se tvrdost kontroluje metodou Rockwell (např. HRC, HRA) popř. Vickers (např. HV30, HV10). Kalení a popouštění se vyskytuje v převážné většině hlavních vyráběných dílů. Metodu a místo kontroly navrhuje konstruktér s ohledem na požadované vlastnosti a konstrukci samotné součástky. (při větších zatížení při měření může dojít k nenávratnému poškození kontrolovaného dílu)

Nitrocementování – jedná se o chemicko-tepelné zpracování kovu, kdy dochází k současnému sycení povrchu dílu uhlíkem a dusíkem. Povrchová vrstva takto zpracovaného dílu má vyšší odolnost proti opotřebení a zvyšuje se jeho únavová životnost při zachování houževnatého jádra. Nitrocementovat se může v kyanidových lázních při teplotě 750-850 °C, nebo v plynné cementační atmosféře s přísadou čpavku při teplotách 800-880°C.

Po nitrocementaci se díly kalí a popouští. Nitrocementují se těla závěrů kulovnic, jejichž povrch se nadále upravuje pouze broušením vodící části. Kontrola se provádí měřením nitrocementované hloubky vrstvy (0,5-0,7 mm kulovnicové tělo závěru), kontrolou tvrdosti povrchu (HV10) a jádra (HRC)

Karbonitridace - je určitou variací nitridace. Jedná se o proces termochemického difuzního sycení, kdy dochází k sycení povrchu atomy dusíku, uhlíku a ve velmi malé míře kyslíku, čímž na povrchu vzniká tvrdá vrstva karbonitridů a difuzně zpevněná vrstva. Tento proces se provádí zejména za účelem zajištění odolnosti povrchové vrstvy vůči opotřebení a pro zlepšení odolnosti vůči únavě. Tento způsob poměrně nové povrchové úpravy se postupně začíná aplikovat z vojenského programu i na civilní. Kontrola se provádí měřením tvrdosti povrchové vrstvy metodou Vickers (HV1). Tloušťka vrstev se stanoví při optimalizaci procesu z metalografického výbrusu.



Obr. 7.3 Foto z vyhodnocení karbonitridace – tloušťka sloučeninové vrstvy[vlastní zpracování]

7.4 Povrchové úpravy

Alkalické černění – je tradiční PÚ ve zbrojířství. Používá se na běžné uhlíkové oceli, tloušťka vrstvy je závislá na základním materiálu, případně tepelném zpracování a pohybuje se od několika desetin μm až po dva μm . Kvalita černění závisí na předúpravě povrchu a vlastních podmínkách procesu. Hladký povrch a víceetapový proces poskytuje tmavší a kvalitnější černění. Černění poskytuje pěkný dekorativní vzhled, korozní odolnost lze zvýšit vhodným konzervačním prostředkem.(olej, vosk, vazelína). Vlastní černění se provádí ve vařicím roztoku směsi hydroxidu sodného, dusičnanu sodného a dusitanu sodného. Na povrchu vzniká tenká vrstva Fe_3O_4 – černění. Alternativou k alkalickému černění je kyselé černění, které je historicky starší. Je však méně odolné proti korozi a otěru a proces je časově náročnější a pracnější.

Niklování – jedná se o proces chemického (bez proudového) niklování. Výsledný povlak je slitina niklu a cca 10% fosforu. Povlak je velmi tvrdý a korozně odolný. Vzhled je kovově stříbrný se zlatavým nádechem. Proto se u zbraní používá tam, kde je požadována vysoká korozní odolnost, odolnost proti otěru a nevadí stříbrný vzhled.(např. hlavní díly malorážky a pistolové rámy). Dodatečným tepelným zpracováním lze zvýšit tvrdost až na 1000 HV_{0,1}, bez vytvrzení činí tvrdost cca 550 HV_{0,1}.

Lakování – povrchová úpravu speciálním dvoukomponentním vypalovacím polymerem. Výhodou je černý matný antireflexní vzhled a výborná odolnost proti oděru, poškrábání a slané vodě. Další výhodou je zakrytí (zatmelení) povrchových vad v základním materiálu. Tloušťka jedné vrstvy je cca 20-30 μm , s čímž je nutné počítat a funkční plochy při lakování chránit. Nejvhodnější předúpravou je zinečnaté fosfátování.

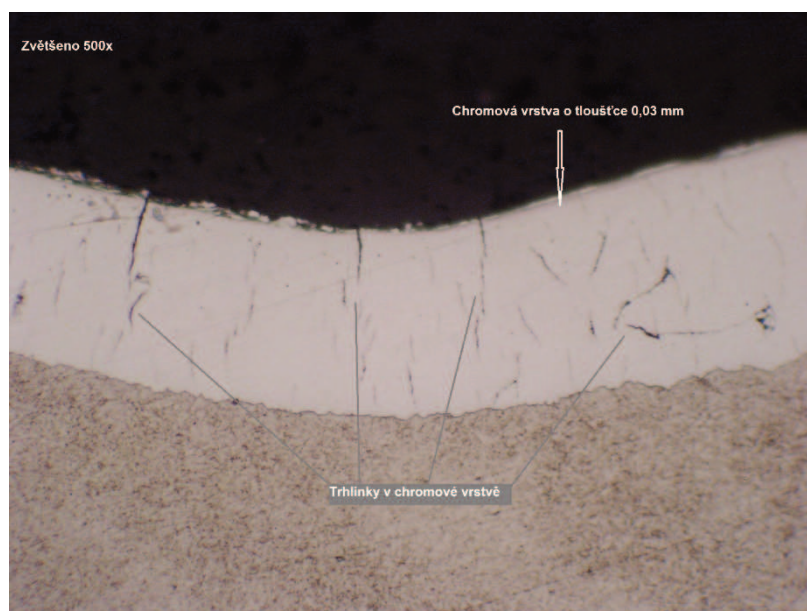
Fosfátování – je podobně jako černění tradiční povrchovou úpravou.

Zinečnaté fosfátování se používá jako předúprava před lakováním (VIZ výše). Tato předúprava zvyšuje přilnavost a odolnost proti podkorodování následného lakového filmu. *Manganaté fosfátování* je samotná povrchová úprava, která zvyšuje korozní odolnost základního materiálu a usnadňuje zaběhnutí funkčních ploch součástí. Ve srovnání s černěním má vyšší korozní odolnost (opět v kombinaci s antikorozními prostředky), vzhled je však méně dekorativní. Vlastní fosfátová vrstva vzniká reakcí základního materiálu (uhlíková ocel) s roztokem kyseliny fosforečné a kyselého fosforečnanu zinku nebo manganu. Vyloučený (nerozpustný) povlak terciárního fosforečnanu zinku nebo manganu je základní složkou vzniklé fosfátové vrstvy.



Obr. 7.4 Pistole CZ Shadow 2 - kombinace PÚ karbonitridací a lakováním [12]

Chromování – je v podstatě galvanické nanášení chromu pro technické účely (tvrdochrom) vyloučená chromová vrstva je odolná proti korozi a velmi tvrdá (cca 1000HV_{0,1}). Vyloučený povlak je kovově stříbrný s nádechem do modra. Používá se zejména k chromování vřetů hlavní pro zvýšení jejich životnosti. Ve srovnání s chemickým niklem má lepší přilnavost a tvrdost, ale v důsledku galvanických zákonů se při vylučování vytvářejí na hranách nárůstky. Kontrola povrchu se provádí měřením tvrdosti vrstvy chromu metodou Vickers při velmi malém zatížení (obvykle HV_{0,1}). Dále se provádí kontrola tloušťky vrstvy, která se stanoví z metalografického výbrusu za pomoci mikroskopu.



Obr. 7.5 Foto z vyhodnocení tloušťky chromové vrstvy [vlastní zpracování]

8 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo popsání procesu ověřování jakosti materiálu, jenž slouží pro výrobu hlavních dílů zbraně. Pro práci jsem využil svolení svého zaměstnavatele CZUB.

V úvodní teoretické části jsem se věnoval podrobným definicím týkající se mechanických vlastností materiálů. Při popisu jednotlivých zkoušek jsem již kladl důraz na metody, které se využívají pro kontrolu právě v CZUB a to včetně rozborů chemického složení a metalografických kontrol.

Po nadefinování hlavních dílů zbraně jsem přistoupil k praktické části, a to zpracování jednotlivých zkoušek daných materiálů. Pro mechanické zkoušky jsem zhotovil tři vzorky z různých taveb. U těchto vzorků jsem provedl všechny mechanické zkoušky, jenž jsou stanoveny příslušnou normou popř. vnitropodnikovou směrnicí. Na kontrolu chemického složení a metalografických zkoušek jsem připravil z každé tavby jeden zkušební vzorek. Jak jsem již zmínil ve své práci, všechny uvedené zkoušky proběhly na zařízení, která jsou pravidelně ověřována akreditovanou ověřovací laboratoří popř. pomocí kalibračních vzorků. Následné zpracování materiálů ve výrobě, snad jen kromě výroby hlavně, probíhá již v podstatě kompletně pouze na CNC strojích. Tuto část jsem shrnul pouze heslovitě. Samotné řešení tohoto problému by mohlo být náplní další individuální práce. Pro doplnění jsem ještě uvedl procesy tepelného zpracování a povrchových úprav, které se při výrobě hlavních dílů vyskytují nejčastěji.

Závěrem bych rád konstatoval, že všechny zkoušené materiály u všech hlavních dílů splnily dané hodnoty a mohly tedy být uvolněny do výroby. Doporučil bych sledování výsledků jednotlivých dodavatelů a ověření jejich spolehlivosti na větším počtu vzorků, kdyby se mohl okruh zkoušek zúžit na přijímací kontroly pouze jednotlivých taveb. Doposud se kontroluje každá zakoupená dávka, dochází tedy mnohdy k několikanásobnému kontrolování jedné tavby, která je postupně uvolňována z konsignačního skladu. U již zkontrolované tavby by se provedly pouze základní zkoušky (např. měření tvrdosti, kontrola chemického složení popř. kontrola mikrostruktury, mikročistoty), aby se vyvrátila možnost případné záměny. Tím by se výrazně zkrátila doba potřebná pro uvolnění materiálů pro výrobu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JAREŠ, V. *Základní zkoušky kovů a jejich teorie*. Praha: Academia, 1966, 209 s. ISBN 21-041-66.
- [2] VELES, P. *Mechanické vlastnosti a skúšanie kovov*. Bratislava: ALFA, 408 s. ISBN 063-552-89
- [3] DYLAG, Z. ORLOS, Z. *Únava materiálů a její zkoušení SNTL*, 1968, 256 s. ISBN 04-226-68
- [4] WALLA, V. *Zkoušení ocelí* vydavatelství ROH, Praha. rok, 1952
- [5] ČUTKA, B. SELUCKÝ, M. *Měření tvrdosti studijní materiál pro firmu Testima Praha*
- [6] ČSN EN ISO 6892-1 ÚNMZ Leden 2017
- [7] ČSN EN ISO 148-1 ÚNMZ Červen 2017
- [8] LECO Instrumente Plzeň, *Spektrometr z doutnavým výbojem Návod k obsluze a údržbě*
číslo dokumentu 200-691 verze 1.0, únor 2002
- [9] ZBRANĚ KVALITNĚ. Dostupné na:
<https://zbrankvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-zbranich>
- [10] MATERIÁLY FIRMY HUKOS s.r.o.
Dostupné: <http://www.hukos.cz/>
- [11] LEXIKON KOVŮ, verze 2.5 Vydalo Verlag Dashofer, nakladatelství, spol. s.r.o.
(listopad 2016) www.dashofer.cz
- [12] Technologické předpisy a směrnice používané v CZUB
- [13] ZCU.
Dostupné: <http://home.zcu.cz/~dyxon/DATA/Nauka%20o%20M/Zkouska.pdf>
- [14] BEER, S. PLÍHAL, B. VÍTEK, R. JEDLIČKA, L. *Vnitřní balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní. 2. vyd.* Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2015. ISBN 978-80-248-3771-0
- [15] FIŠER, M. *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní. 1. vyd.* Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2009. ISBN 978-80-248-1021-8
- [16] JanSladky.cz.
Dostupné: http://sa58kinggun.jansladky.cz/Podklady/terminologicky_slovník.pdf
- [17] JK nástroje.

Dostupné: <http://jk-nastroje.cz/index.php>

[18] HLADEK, Š. *Analýza technologického postupu výroby hlavní dlouhých zbraní*

[Bakalářská práce]. Ostrava: VŠB – TU, FS, 2010

[19] OUŘEDNÍK, Z. *Analýza výroby kovaných hlavní malorážových zbraní*

[Bakalářská práce]. Ostrava: VŠB – TU, FS, 2016

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

R _m	[MPa]	Mez pevnosti materiálu
R _e	[MPa]	Výrazná mez kluzu materiálu
R _{p0,2}	[MPa]	Smluvní mez kluzu materiálu
A	[%]	Tažnost materiálu
Z	[%]	Kontrakce (zúžení) materiálu
KC	[J/cm ²]	Vrubová houževnatost materiálu
HRA		Měření tvrdosti podle Rockwella metodou A
HRB		Měření tvrdosti podle Rockwella metodou B
HRC		Měření tvrdosti podle Rockwella metodou C
HBW		Měření tvrdosti podle Brinella
HV		Měření tvrdosti podle Vickerse
PČR		Policie České republiky
CZUB		Česká zbrojovka Uherský Brod (CZ)
PÚ		Povrchová úprava

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 2.1 OBROBENÁ VÁLCOVÁ ZKUŠEBNÍ TĚLESA [6]	14
OBR. 2.2 DIAGRAM ZKOUŠKY V TAHU [6]	15
OBR. 2.3 PŘEHLED ZÁKLADNÍCH TYPŮ DIAGRAMŮ [2]	16
OBR. 2.4 GEOMETRIE ZKUŠEBNÍHO TĚLESA S V A U VRUBEM [7]	18
OBR. 2.5 ULOŽENÍ ZKUŠEBNÍHO VZORKU NA OPĚŘE [7]	18
OBR. 2.6 FUNKCE CHARPYHO KLADIVA [2]	19
OBR. 2.7 LOM ZKUŠEBNÍCH TĚLES PO MĚŘENÍ VRUBOVÉ HOUŽEVNATOSTI [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	19
OBR. 2.8 PRINCIP ZKOUŠKY BRINELL [5]	22
OBR. 2.9 ZKUŠEBNÍ STROJ DIA TESTOR 3B OD FIRMY WOLPERT [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	22
OBR. 2.10 PRINCIP ZKOUŠKY VICKERS [5]	23
OBR. 2.11 PRINCIP ZKOUŠKY ROCKWELL HRC[5]	24
OBR. 3.1 SCHÉMA DOUTNAVÉHO VÝBOJE [8]	26
OBR. 3.2 SCHÉMA SPEKTROMETRU 1 [8]	26
OBR. 3.3 SCHÉMA SPEKTROMETRU 2 [8]	27
OBR. 3.4 SCHÉMA ANALYZÁTORU NITON [10]	28
OBR. 4.1 FOTO Z VYHODNOCENÍ MIKROSTRUKTURY [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	29
OBR. 4.2 FOTO Z VYHODNOCENÍ MIKROČISTOTY [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	30
OBR. 5.1 PISTOLOVÁ HLAVEŇ [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	31
OBR. 5.2 TĚLO ZÁVĚRU PISTOLE [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	31
OBR. 5.3 POUZDRO ZÁVĚRU - MALORÁŽKA [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	32
OBR. 5.4 RÁM PISTOLE [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	32
OBR. 7.1 LOMENÍ STÍNŮ PŘI ROVNÁNÍ HLAVNĚ [18]	49
OBR. 7.2 POVLAKOVANÉ NÁSTROJE [17]	51
OBR. 7.3 FOTO Z VYHODNOCENÍ KARBONITRIDACE – TLOUŠŤKA SLOUČENINOVÉ VRSTVY [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	53
OBR. 7.4 PISTOLE CZ SHADOW 2 - KOMBINACE PŮ KARBONITRIDACÍ A LAKOVÁNÍM [12]	54
OBR. 7.5 FOTO Z VYHODNOCENÍ TLOUŠŤKY CHROMOVÉ VRSTVY [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	55

SEZNAM TABULEK

TAB. 2.1 OZNAČENÍ VRUBOVÉ HOUŽEVNATOSTI [2].....	20
TAB. 2.2 ROZSAH POUŽITÍ, SOUHRN VNIKACÍCH TĚLES A ZNAČENÍ [5]	24
TAB. 6.1 HODNOTY PRO VSTUPNÍ KONTROLU MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ HLAVŇOVÝCH MATERIÁLŮ [12].....	33
TAB. 6.2 NAMĚŘENÉ HODNOTY HLAVŇOVÝCH MATERIÁLŮ [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ].....	34
TAB. 6.3 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI ČSN 15 142 [12]	35
TAB. 6.4 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI ČSN 15 230 [12]	35
TAB. 6.5 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI W.Nr.1.7765 [12]	35
TAB. 6.6 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI W.Nr.1.4006 [12].....	36
TAB. 6.7 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI ČSN 12 051 [11]	36
TAB. 6.8 NAMĚŘENÉ HODNOTY JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ V [% HMOT.] [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	36
TAB. 6.9 MAXIMÁLNÍ HODNOTY STANOVENÉ PRO MIKROČISTOTU [12]	37
TABULKA 6.10 NAMĚŘENÉ HODNOTY MIKROČISTOTY [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	37
TAB. 6.11 PŘEDEPSANÉ HODNOTY PRO VSTUPNÍ KONTROLU MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ PRO TĚLA ZÁVĚRŮ [11,12]	38
TAB. 6.12 ZJIŠTĚNÉ MECHANICKÉ HODNOTY MATERIÁLŮ PRO VÝROBU TĚLA ZÁVĚRŮ [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	39
TAB. 6.13 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI 42CrMo4 [11].....	39
TAB. 6.14 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI 16MnCrS5[11]	40
TAB. 6.15 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI W.Nr.1.4057[11]	40
TAB. 6.16 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI W.Nr.1.4028 [11].....	40
TAB. 6.17 NAMĚŘENÉ HODNOTY JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ V [% HMOT.] [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	40
TAB. 6.18 HODNOTY PRO VSTUPNÍ KONTROLU MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ PRO POUZDRA ZÁVĚRŮ[11,12].....	41
TAB. 6.19 NAMĚŘENÉ HODNOTY MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ PRO VÝROBU POUZDER ZÁVĚRU	42
TAB. 6.20 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI ČSN 15142 [11]	42
TAB. 6.21 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI 42CrMoS4 [11].....	43
TAB. 6.22 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI ETG 100 [11].....	43
TAB. 6.23 NAMĚŘENÉ HODNOTY JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ V [% HMOT.] [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ].....	43
TAB. 6.24 HODNOTY PRO VSTUPNÍ KONTROLU MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ PRO RÁMY [11,12]	44
TAB. 6.25 ZJIŠTĚNÉ HODNOTY MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ PRO VÝROBU RÁMŮ [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ]	45
TAB. 6.26 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI ČSN 15142 [11]	45
TAB. 6.27 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI W.Nr.1.4057 [11]	46
TAB. 6.28 PŘEDPIS PRO CHEMICKÉ SLOŽENÍ OCELI EN AW 7075 [12]	46
TAB. 6.29 NAMĚŘENÉ HODNOTY JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ V [% HMOT.] [VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ].....	46

